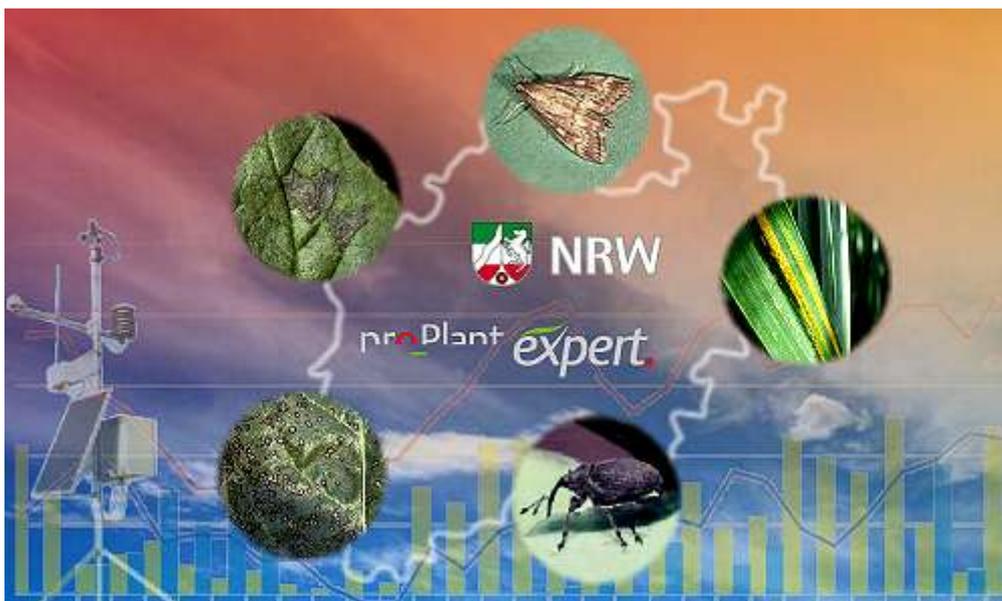


# Klimawandel in Nordrhein Westfalen

## Auswirkungen auf Schädlinge und Pilzkrankheiten wichtiger Ackerbaukulturen

### Abschlussbericht



Münster, 21.12.2010



Die proPlant GmbH wurde vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) mit einer Analyse zu den Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels auf Schädlinge und Pilzkrankheiten der wichtigsten Ackerkulturen in Nordrhein-Westfalen beauftragt. Die technischen und fachlichen Arbeiten wurden von der proPlant GmbH im Zeitraum von Juni 2009 bis Oktober 2010 durchgeführt.

An der Studie haben folgende Mitarbeiter der proPlant GmbH mitgewirkt:

Projektleitung:	Thomas Volk
Technische Umsetzung:	Karoline Epke Volker Gerstner Christian Leuthner Andreas Rotterdam
Fachliche Umsetzung:	Andreas Johnen Julia-Sophie von Richthofen Thomas Volk

proPlant GmbH  
Albrecht-Thaer-Str. 34  
48147 Münster  
[www.proPlant.de](http://www.proPlant.de)

Tel.: 049-(0)251-9 87 97-0  
Fax: 049-(0)251-9 87 97-99  
E-Mail: [Th.Volk@proPlant.de](mailto:Th.Volk@proPlant.de)



Das Projekt ist Teil der Anpassungspolitik des Landes Nordrhein-Westfalen und wurde mit Mitteln des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen finanziert. Weitere Informationen zum Thema Anpassung an den Klimawandel sowie die Anpassungsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen finden Sie im Internet unter: [www.klimawandel.nrw.de](http://www.klimawandel.nrw.de).

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>10</b>
3.1	Daten der Klimaprojektion 2001-2050.....	10
3.2	Pflanzenschutz-Beratungssystem proPlant expert. ....	10
3.3	Regionen und Kulturen .....	11
3.4	Erreger und ihre Kennzahlen .....	14
3.5	Klimadatenübernahme in proPlant expert.....	15
3.6	Trendanalyse.....	17
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>18</b>
4.1	Winterweizen.....	18
4.1.1	Halmbruch .....	18
4.1.2	Mehltau .....	22
4.1.3	Septoria-Blattdürre .....	26
4.1.4	Gelbrost .....	31
4.1.5	Braunrost .....	35
4.1.6	DTR-Blattdürre .....	39
4.1.7	Septoria nodorum .....	43
4.1.8	Fusarium graminearum.....	47
4.1.9	Fazit Winterweizen .....	51
4.2	Zuckerrüben .....	52
4.2.1	Cercospora-Blattflecken .....	52
4.2.2	Rübenmehltau .....	56
4.2.3	Fazit Zuckerrüben.....	60
4.3	Kartoffeln.....	61
4.3.1	Krautfäule.....	61
4.3.2	Alternaria-Dürrflecken .....	65
4.3.3	Fazit Kartoffeln .....	69

4.4	Winterraps .....	70
4.4.1	Phoma .....	70
4.4.2	Rapserrdfloh .....	74
4.4.3	Rapsstängelrüssler und Kohltriebrüssler .....	78
4.4.4	Rapsglanzkäfer .....	82
4.4.5	Blütenschädlinge .....	87
4.4.6	Fazit Raps .....	94
4.5	Mais .....	95
4.5.1	Maiszünsler .....	95
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>99</b>
5.1	Mögliche Auswirkungen auf den Pflanzenschutzmittel-Einsatz .....	99
5.1.1	Winterweizen .....	99
5.1.2	Zuckerrüben .....	99
5.1.3	Kartoffeln .....	99
5.1.4	Winterraps .....	100
5.1.5	Mais .....	100
5.2	Vergleich mit vereinfachenden Thesen .....	100
5.3	Auswahl der Untersuchungszeiträume .....	101
5.4	grundsätzliche Einschränkungen der Aussagekraft .....	101
<b>6</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>102</b>
<b>7</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>103</b>
7.1	Trend-Übersicht .....	103
7.2	Ersetzungsalgorithmus fehlende Wetterparameter .....	109



## 1 Zusammenfassung

Die vom Klimamodell WettReg prognostizierten Tages-Wetterdaten für den Zeitraum 2001 bis 2050 wurden den Prognosemodellen des praxisbewährten Pflanzenschutz-Beratungssystems proPlant expert.classic zur Verfügung gestellt. Anschließend wurde für insgesamt zwanzig Erreger jahresweise jeweils eine witterungsabhängige Kennzahl durchgerechnet, die eine Aussage zum Infektionsdruck beziehungsweise zum Befallsdruck ermöglicht. Zu den 20 Erregern zählten alle 8 wichtigen Pilzkrankheiten im Winterweizen (z.B. Braunrost), die 6 wichtigen Schädlinge in Winterraps (z.B. Rapsglanzkäfer), weitere 5 Pilzkrankheiten in Zuckerrübe, Kartoffel und Raps sowie der Maiszünsler. Die Kennzahlen umfassten teilweise vollständig den für den jeweiligen Erreger interessanten Zeitraum, teilweise nur einen Zeitausschnitt. Abschließend wurde für jede Erreger-Kennzahl das Vorhandensein eines Trends analysiert, welcher in 5 Stufen von „deutlich zunehmend“ über „konstant“ bis hin zu „deutlich abnehmend“ klassifiziert wurde. Die Auswertung erfolgte für 6 unterschiedliche Boden-Klima-Räume in NRW (z.B. Köln-Aachener Bucht und Höhenlagen Sauerland).

Erreger-Kennzahlen mit deutlich zunehmendem Risiko in allen 6 Regionen sind z.B. *Septoria tritici* im Winterweizen im Zeitraum 1.1.-31.3. und Rapserrdfloh im Zeitraum 1.10.-30.11. Eine Erreger-Kennzahl mit konstant bleibendem Risiko in allen 6 Regionen ist z.B. Krautfäule in Kartoffeln im Zeitraum 15.5.-15.8. Für viele Erreger-Kennzahlen wurden abhängig von der Region sowohl zunehmende als auch konstante Trends ermittelt (z.B. für *Cercospora* in Zuckerrüben im Zeitraum 1.4.-30.6.). Für keine einzige der insgesamt 120 Kombinationen (20 Erreger-Kennzahlen x 6 Regionen) wurde aber ein abnehmendes Risiko hergeleitet.

Vereinzelt wurden zwar für die Zukunft zunehmende Schwankungen der Werte der Erreger-Kennzahlen hergeleitet, dies war aber nicht generell der Fall.

Bei der Diskussion der Ergebnisse werden u.a. folgende Schlussfolgerungen gezogen:

- Aufgrund des Klimawandels kann für einen Teil der untersuchten Kulturen zukünftig ein stärkerer Pflanzenschutzmittel-Einsatz fachlich sinnvoll werden.
- Hinsichtlich der 20 untersuchten Erreger-Kennzahlen wird NRW beim Vergleich mit den Erfahrungswerten in Deutschland bzw. Europa nicht vor neuartige Probleme gestellt werden.



## 2 Einleitung

Bereits in den letzten Jahrzehnten hat sich das Klima in Nordrhein-Westfalen (NRW) verändert: Es ist im Mittel wärmer und feuchter geworden, insbesondere im Winterhalbjahr. Studien zu den Auswirkungen der globalen Erwärmung auf das Klima in NRW zufolge wird sich dieser Trend bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts fortsetzen (MUNLV, 2009).

Im Vergleich zur Klima-Referenzperiode 1961-1990 werden im Mittel fast 2 °C mehr erwartet. Besonders hoch soll der Temperaturanstieg in den zwei Jahreszeiten Sommer und im Winter ausfallen. Bei den Niederschlägen zeichnet sich bei leicht steigenden Gesamtniederschlägen eine deutliche Verschiebung von den Sommer- zu den Wintermonaten ab.

Es ist davon auszugehen, dass die projizierte Änderung des Witterungsverlaufes auch das Auftreten und die Entwicklung von tierischen und pilzlichen Schaderregern im Ackerbau beeinflussen wird. Dieser Frage sollte die proPlant GmbH aus Münster im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) für sechs Regionen in NRW nachgehen.

Denn das von der proPlant GmbH entwickelte und betriebene EDV-gestützte Pflanzenschutz-Beratungssystem proPlant expert. erschien in besonderer Weise geeignet, die Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Schädlinge und Pilzkrankheiten in NRW zu analysieren. Das System ermöglicht eine genaue Analyse des Infektionsgeschehens von Pilzkrankheiten und der Befallsentwicklung von Schädlingen anhand von Wetterdaten. proPlant expert. hat sich seit fast 20 Jahren unter unterschiedlichen Anbau- und Witterungsbedingungen in der Praxis bewährt.

Die verwendeten Klimadaten wurden vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) zur Verfügung gestellt. Sie basieren auf dem Klimamodell WettReg für den Zeitraum 2001-2050. Auf der Grundlage dieser Daten wurde mit Hilfe von proPlant expert. die Entwicklung der Infektionsbedingungen bzw. des Befallsdrucks von Krankheiten und Schädlingen in Winterweizen, Winterraps, Zuckerrüben, Kartoffeln und Mais im 50-jährigen Zeitraum für sechs Regionen analysiert. Die ermittelten Trends ermöglichten Aussagen über tendenzielle zukünftige Entwicklungen in diesen Regionen.

Alle anderen Rahmenbedingungen blieben bei der Studie unverändert, z.B. angebaute Kulturen und Sorten, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Saattermine, Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln, Düngung, Preise für Ernteprodukte und Betriebsmittel, agrarpolitische Rahmenbedingungen, biologisch-technischer Fortschritt usw.

Aus der Klimawandel-Analyse konnten Erkenntnisse gewonnen werden, die sowohl für langfristige strategische Überlegungen als auch für kurz- und mittelfristige Entscheidungen nutzbar sind.

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Daten der Klimaprojektion 2001–2050

Auf Wunsch des Auftraggebers baut die Studie auf einer bereits vorliegenden Prognose des regionalen Klimamodells WettReg (wetterlagenbasierte Regionalisierungsmethode) für NRW auf. Dieses wurde von der Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH (CEC Potsdam) entwickelt. WettReg fällt in die Klasse der empirisch statistischen Verfahren zur Klimaprojektion. Aus dem gegenwärtigen Regionalklima und den Annahmen über globale Klimaentwicklungen wird auf künftige klimatische Bedingungen in einer Region geschlossen. Die Klimadaten stammen dabei aus Messreihen zurückliegender Ereignisse, die in die Zukunft übertragen werden.

WettReg ist ein für die Regionalisierung besonders geeignetes Klimamodell. Es gilt hinsichtlich der Temperaturprognose als eher „konservativ“. Niederschläge in höheren Lagen (Mittelgebirge) werden vergleichsweise gut prognostiziert.

Das LANUV hat die Daten aus WettReg-2006 für den Zeitraum 2001–2050 über die Software IDP des CEC Potsdam zur Verfügung gestellt. Sie basieren auf dem SRES-Szenario (Special Report on Emission Scenario) A1B. Dies beschreibt eine zukünftige Welt mit anhaltend hohem Wirtschaftswachstum, einem schnellen technologischen Fortschritt und eine bis etwa 2050 wachsende Weltbevölkerung. Bei der Energiegewinnung beruht die Annahme auf einer Mischung von fossilen und nicht fossilen Energieträgern. Die globalen Treibhausgas-Emissionen erreichen danach zur Mitte des Jahrhunderts ihr Maximum.

Innerhalb von WettReg-2006/A1B wurde das Feuchtigkeitsszenario „normal“ gewählt und jeweils die Datensatz-Variante „1“ verwendet. Die Wetterdaten lagen in täglicher Auflösung vor.

### 3.2 Pflanzenschutz-Beratungssystem proPlant expert.

proPlant expert. ist eine entscheidungsunterstützende Beratungssoftware für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Ackerbau. Die Problemlösungen für die Kulturen Getreide (Einsatz von Fungiziden und Wachstumsreglern), Raps (Einsatz von Fungiziden, Insektiziden und Wachstumsreglern), Kartoffeln (Fungizideinsatz) und Zuckerrüben (Fungizideinsatz) werden seit vielen Jahren erfolgreich in der landwirtschaftlichen Praxis genutzt. Landwirte und Berater setzen auf die Vorteile des Programms. Es erleichtert die gezielte Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen und erhöht damit Wirkung und Rentabilität von Pflanzenschutzmaßnahmen.

proPlant expert. wurde vom Institut für Agrarinformatik in Münster in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe entwickelt. Seit 1996 erfolgt die fachliche und technische Pflege sowie die Weiterentwicklung des Systems durch die proPlant GmbH in Münster. Zu den Prämissen gehören neutrale, von der chemischen Industrie und vom Handel unabhängige Bewertungen und Empfehlungen von Pflanzenschutzmitteln. proPlant expert. ist das führende Pflanzenschutz-Beratungssystem in Europa.

Die Basis von proPlant expert. sind Wetterdaten und -vorhersagen unterschiedlicher Anbieter (z.B. Deutscher Wetterdienst, Meteomedia AG). Diese werden vom System tagesweise ausgewertet. Da proPlant expert. die unterschiedlichen Witterungsansprüche der Pilze und Schädlinge kennt wird es möglich, die Tage zu identifizieren, an denen Infektionen mit Pilzkrankheiten möglich sind oder an denen für die diversen Rapschädlinge gute Zuflug- bzw. Eiablagebedingungen bestehen.

In Grafiken werden diese Tage mit Hilfe roter, gelber oder grüner Punkte in Zusammenschau mit den Wetterdaten angezeigt (Abbildung 1).

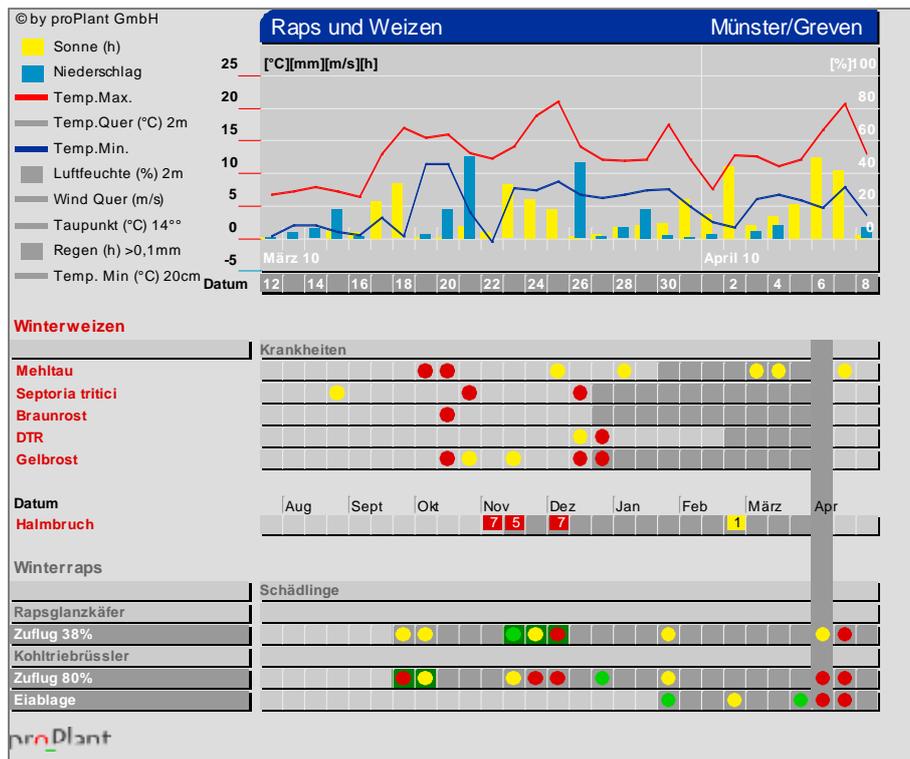


Abbildung 1: Regionalberatungsgrafik aus proPlant expert.classic – Auswertung von Wetterdaten im Frühjahr 2010 für die Kulturen Weizen und Raps in Münster/Greven: Grüne Punkte stehen für mäßige, gelbe Punkte für günstige und rote Punkte für optimale Bedingungen für Infektionen mit Weizenkrankheiten und für Zuflug von Rapsglanzkäfer und Kohltriebrüssler. Auch die Eiablagetage des Kohltriebrüsslers werden angezeigt.

### 3.3 Regionen und Kulturen

Die Klimawandel-Analyse wurde für sechs Regionen in NRW und in den Kulturen Winterweizen, Winterraps, Zuckerrüben, Kartoffeln und Mais durchgeführt. Die Regionen repräsentieren verschiedene Boden-Klima-Räume (Tabelle 1). Dies sind Gebiete mit relativ homogenen Standortbedingungen hinsichtlich Bodengüte und Klima für die landwirtschaftliche Produktion. Die Festlegung der Projektregionen orientiert sich an der Gebietsgliederung Boden-Klima-Räume für das Sortenversuchswesen in Deutschland (Roßberg et al., 2008).

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Boden-Klima-Räume in Nordrhein-Westfalen

Projektregion	Boden-Klima-Raum*
Münsterland	Sandböden / südwestliches Weser-Ems-Gebiet, nördliches Münsterland / Niederungslagen
Ostwestfalen	Leichtere Lehmböden / mittleres Niedersachsen, nordöstliches Nordrhein-Westfalen
Übergangslagen Ostwestfalen	Lehmböden / Ostwestfalen / Haarstrang / Bergisches Land / Voreifel / Übergangslagen
Sauerland	Lehmböden / Sauerland, Briloner Höhen / Übergangslagen
Köln-Aachener Bucht	Lößböden / Köln-Aachener Bucht / Niederungslagen
Niederrhein	Lehmböden / oberer Mittelrhein / Niederrhein / südliches Münsterland / Niederungslagen

\*Quelle: Roßberg et al., 2008

Eine Kurzcharakteristik des Klimas der Regionen zeigt Tabelle 2. Dargestellt sind die durchschnittlichen Jahresmitteltemperaturen und die mittleren Jahresniederschlagssummen in der klimatologischen Referenzperiode 1961–1990. Bei dem Jahresmittel der Temperatur reichen die Werte von 9,8 °C im Raum Köln–Aachener Bucht (Klimastation Elsdorf) bis zu 7,5 °C im höher gelegenen Sauerland (Station Eslohe). Das höchste Jahresmittel der Niederschlagssumme zeigt mit weit über 1.000 mm das Sauerland. Die geringsten Niederschlagsmengen verzeichnen die Übergangslagen Ostwestfalens (688 mm, Klimastation Borgentreich/Bühne).

Tabelle 2: Klimadaten der Projektregionen

Projektregion	Jahresmittel Temperatur in 2 m Höhe (°C) (Mittel 1961–1990)	Jahresmittel Niederschlagssummen (mm) (Mittel 1961–1990)
Münsterland (Station Lüdinghausen, 58 m ü. NN)	9,4	808
Ostwestfalen (Station Herford, 77 m ü. NN)	9,3	817
Übergangslagen Ostwestfalen (Station Borgentreich/Bühne, 240 m ü. NN)	8,3	688
Sauerland (Station Eslohe, 351 m ü. NN)	7,5	1.128
Köln–Aachener Bucht (Station Elsdorf, 85 m ü. NN)	9,8	723
Niederrhein (Station Kleve, 46 m ü. NN)	9,6	754

Quelle: Deutscher Wetterdienst, 2010

Die Projektregionen lassen sich auch hinsichtlich des Anbaus charakterisieren (Tabelle 3). Erwähnenswert ist insbesondere der hohe Anteil an Zuckerrüben und Winterweizen auf den Äckern der Köln–Aachener Bucht und der im Vergleich zum nordrhein–westfälischen Schnitt stärkere Kartoffelanbau am Niederrhein. Von den sechs Regionen verzeichnen der Niederrhein und das Münsterland einen hohen Anteil an Silomais in der Fruchtfolge. Beim Winterraps dominieren die Regionen Ostwestfalen, die ostwestfälischen Übergangslagen und das Sauerland. Im Rahmen der Studie wurden auch Krankheiten und Schädlinge für Regionen analysiert, in denen zurzeit die entsprechenden Kulturarten keine oder nur eine geringe Bedeutung haben (z.B. Zuckerrüben im Sauerland). Für diese Vorgehensweise spricht zum einen das Argument der Einheitlichkeit, zum anderen könnten im Jahr 2050 Kulturen in Regionen angebaut werden, in denen sie heute nicht oder kaum angebaut werden.

Tabelle 3: Anteil an der Ackerfläche der landwirtschaftlichen Betriebe nach Kulturart in %

	Weizen	Kartoffeln	Zuckerrüben	Silomais	Winterraps
<b>Nordrhein–Westfalen</b>	25	3	6	14	7
Münsterland	21	<1	<1	19	4
Ostwestfalen	31	1	4	5	15
Übergangslagen Ostwestfalen	30	<1	2	9	13
Sauerland	26	1	<1	13	12
Köln–Aachener Bucht	37	7	23	3	5
Niederrhein	19	8	7	25	4

Quelle: Regionaldatenbank des Bundes und der Länder (GENESIS), 2007

Für die Klimawandelanalyse wurde für jede der Regionen eine repräsentative WettReg-Wetterstation ausgewählt. Außerdem wurde als Referenz eine benachbarte Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes bestimmt (Tabelle 4, Abbildung 2).

Tabelle 4: Verwendete WettReg-Station und Referenz-Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD)

Projektregion	WettReg-Station (m ü. NN)	DWD-Wetterstation (m ü. NN)	Entfernung (km)
Münsterland	Lüdinghausen (58 m)	Münster/Greven (48 m)	45
Ostwestfalen	Bad Salzuflen (135 m)	Bad Salzuflen (135 m)	0
Übergangslagen Ostwestfalen	Borgentreich/Bühne (240 m)	Warbug (225 m)	12
Sauerland	Eslohe (325 m)	Lüdenscheid (387 m)	36
Köln-Aachener Bucht	Elsdorf (85 m)	Nörvenich (118 m)	15
Niederrhein	Kleve (46 m)	Kleve (46 m)	0

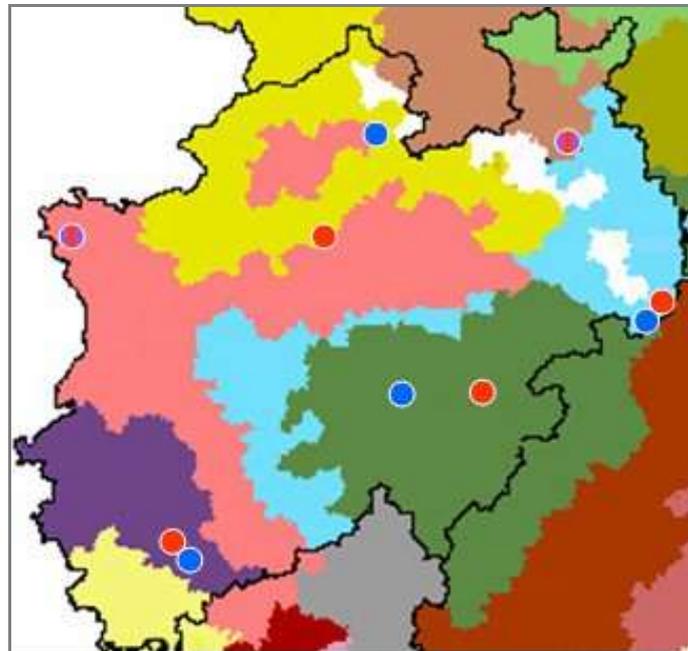


Abbildung 2: Die ausgewählten sechs Boden-Klima-Räume in NRW. Eingezeichnet sind WettReg-Stationen (rote Punkte) und die DWD-Wetterstationen (blaue Punkte). Kartenquelle: nach D. Roßberg et al. (2008)

### 3.4 Erreger und ihre Kennzahlen

Die Studie umfasst insgesamt 20 Pilzkrankheiten und Schädlinge. Für jeden dieser Erreger wurde eine spezifische Kennzahl definiert und deren Entwicklung über den Klimaprojektionszeitraum 2001-2050 untersucht. Für jedes der 50 Jahre wurde mit proPlant expert. die Summe der Infektionstage (Pilze) bzw. die Summe der Zuflug- oder Eiablagetage (Rapsschädlinge) innerhalb bestimmter Zeitschnitte ermittelt. Zur Identifizierung von Maiszünsler-Befallsjahren diente eine Temperatursumme. Die Analysezeiträume unterscheiden sich je nach Erreger im Hinblick auf die Länge und im Hinblick auf die Lage im Jahr. Die Wahl eines Zeitraumes erfolgte entweder aufgrund seiner Bedeutung für die Entwicklung des Erregers bzw. Schädlings oder aufgrund einer erwarteten, besonderen Veränderung der Witterungsbedingungen durch den Klimawandel. Eine Übersicht über die untersuchten Erreger und deren Kennzahlen gibt Tabelle 5.

Tabelle 5: Pilzkrankheiten und Schädlinge für die Klimawandel-Analyse

Kultur	Erregergruppe	Erreger	Kennzahl
Winterweizen	Pilzkrankheiten	Halmbruch	Infektionssumme im Zeitraum 1.11.-30.4. => Auflaufen bis Behandlungsentscheidung
		Mehltau	Infektionssumme im Zeitraum 1.11.-31.3. => Ausgangsinokulum
		Septoria tritici	Infektionssumme im Zeitraum 1.1.-31.3. => Ausgangsinokulum
		Braunrost	Infektionssumme im Zeitraum 1.11.-31.3. => Ausgangsinokulum
		Gelbrost	Infektionssumme im Zeitraum 1.11.-31.3. => Ausgangsinokulum
		DTR	Infektionssumme im Zeitraum 1.4.-15.5. => Inokulumaufbau Frühjahr
		Septoria nodorum	Infektionssumme im Zeitraum 1.4.-15.5. => Inokulumaufbau Frühjahr
		Fusarium graminearum	Infektionssumme im Zeitraum 1.6.-15.6. => Bedingungen im Behandlungszeitraum
Winterrap	Schädlinge	Rapserrdfloh	Eiablagensumme im Zeitraum 1.10.-30.11. => Larvenbefall
		Rapsstängelrüssler	Zuflugsumme im Zeitraum 1.1.-28.2. => Frühbefall
		Kohltriebrüssler	Zuflugsumme im Zeitraum 1.1.-28.2. => Frühbefall
		Rapsglanzkäfer	Zuflugsumme im Zeitraum 1.2.-15.4. => Frühbefall
		Kohlschotenrüssler	Zuflugsumme im Zeitraum 20.4.-5.5. => Befall zur Blüte
		Kohlschotenmücke	Zuflugsumme im Zeitraum 20.4.-5.5. => Befall zur Blüte
	Pilzkrankheiten	Phoma	Infektionssumme im Zeitraum 20.8.-15.10. => Aussaat bis Behandlungsentscheidung

Kultur	Erreger- gruppe	Erreger	Kennzahl
Kar- toffel	Pilz- krankheiten	Krautfäule	Infektionssumme im Zeitraum 15.5.-15.8. => Bedingungen im Behandlungszeitraum
		Alternaria	Infektionssumme im Zeitraum 15.5.-15.8. => Bedingungen im Behandlungszeitraum
Zucker- rüben	Pilz- krankheiten	Cercospora	Infektionssumme im Zeitraum 1.4.-30.6. => Frühbefall
		Mehltau	Infektionssumme im Zeitraum 15.8.-15.9. => Spätbefall
Mais	Schädlinge	Maiszünsler	Temperatursumme im Zeitraum 15.6.-31.7. => Risiko für Maiszünsler-Befallsjahre

### 3.5 Klimadatenübernahme in proPlant expert.

Für die Analyse des Klimawandels mit proPlant expert. wurden die Simulationsdaten der sechs WettReg-Stationen (Lüdinghausen, Bad Salzuflen, Borgentreich/Bühne, Eslohe, Elsdorf und Kleve) für den Zeitraum 2001-2050 genutzt. Dazu sind die von der Software IDP im ASCII-Format bereitgestellten Daten in ein spezielles Schema des Wetterdatenverwaltungsprogramms *climate* der proPlant GmbH importiert worden.

Zusammen mit den Wetterdaten der sechs Referenzwetterstationen des DWD wurden sie von dort aus proPlant expert. zur Verfügung gestellt (Abbildung 3).

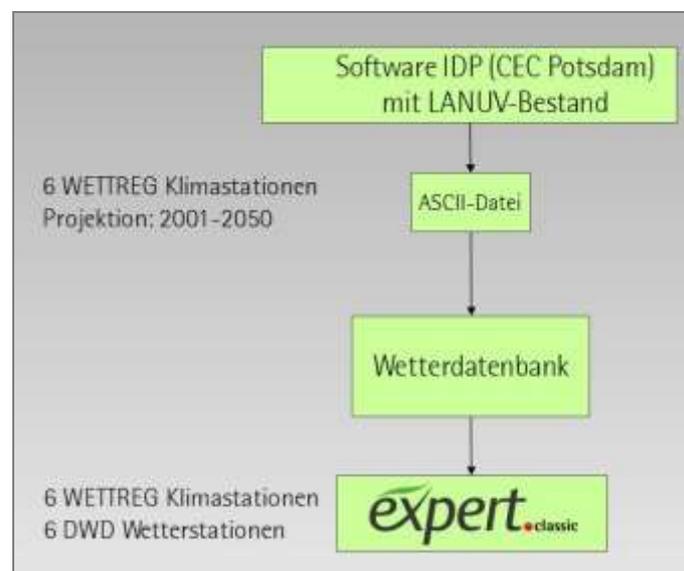


Abbildung 3: Übernahmeprozess der WettReg-Daten

Die über das LANUV verfügbaren WettReg-Simulationsdaten enthielten nicht alle Wetterparameter, die für die Analyse mit den Modellen von proPlant expert. benötigt wurden. Tabelle 6 zeigt die WettReg-Wetterparameter und die von proPlant expert. benötigten Parameter in einer Gegenüberstellung. In den WettReg-Datensätzen fehlen die Parameter Minimumtemperatur in Bodennähe, Anzahl Stunden mit Niederschlag und das Luftfeuchteminimum.

Tabelle 6: Wetterparameter der Klimaprojektion mit WettReg und Bedarf der proPlant expert. Prognosemodelle

WETTREG-Wetterparameter	proPlant expert.-Wetterparameter
Temperaturmaximum 2m (1/10 °C)	Temperaturmaximum 2m (1/10 °C)
Temperaturminimum 2m (1/10 °C)	Temperaturminimum 2m (1/10 °C)
Temperaturdurchschnitt 2m (1/10 °C)	Temperaturdurchschnitt 2m (1/10 °C)
	Temperaturminimum 5 cm über dem Boden (°C)
Sonnenscheindauer (h)	Sonnenscheindauer (h)
Niederschlag (mm)	Niederschlag (mm)
	Zahl der Stunden mit Niederschlag > 0,1 mm (h)
	Luftfeuchte 14h 2m (%)
Windgeschwindigkeitsdurchschnitt (1/10 m/s)	Windgeschwindigkeitsdurchschnitt (1/10 m/s)
Taupunkt 14 h (1/10 °C) (wird aus anderen Parametern berechnet)	

Bis auf die Rapsschädlinge benötigen die meisten proPlant-Modelle ein oder zwei der fehlenden Parameter. So ist beispielsweise die Luftfeuchte bekanntermaßen ein wichtiges Kriterium für die Entwicklung von Pilzkrankheiten.

Daher wurde im Rahmen der Studie eine Methode entwickelt, um die fehlenden Wetterdaten zu ersetzen. Dieser Ersetzungsalgorithmus sollte nachvollziehbar und in der Lage sein, für alle sechs Regionen inhaltlich akzeptable Ergebnisse zu liefern. Gleichzeitig musste er mit angemessenem technischem Aufwand umgesetzt werden können.

Für die WettReg-Stationen standen neben den Simulationsdaten bis 2050 auch historische Messdaten aus den benachbarten Referenzwetterstationen des DWD zur Verfügung (Tabelle 4). Die Ersetzung der Datenlücken erfolgt durch die Suche ähnlicher Wetterkonstellationen in den historischen Daten der zugehörigen Referenzstation und die Übertragung der abzuleitenden Parameter auf den Simulationsdatensatz (s. im Anhang 7.2).

### 3.6 Trendanalyse

Für jeden Erreger wurde untersucht, ob und wie sich die Klimaprojektion mit WettReg im Verlauf des 50-jährigen Prognosezeitraums 2001-2050 auf die Entwicklung seiner spezifischen Kennzahl (siehe Kapitel 3.4) auswirkt.

Im ersten Schritt hat proPlant expert. die Kennzahlen für den jeweiligen Pilz bzw. Schädling für jedes der 50 Jahre und für jede der sechs WettReg-Stationen ermittelt. Anschließend wurden die Werte auf einer Risikoskala von 0 bis 100 normiert. 100 entspricht dabei dem maximalen witterungsbedingten Risiko, welches proPlant expert. auf Basis der WETTREG-Daten über alle 6 Stationen und 50 Jahre für einen Erreger ermittelt hat. Durch die Normierung wird es möglich, die Trendverläufe aller Erreger miteinander zu vergleichen.

Der Verlauf der Risikowerte von 2001 bis 2050 wurde für jeden Erreger und für jede Region in Diagrammen abgetragen. Die Ausgleichgerade zeigt an, ob ein Trend über den Prognosezeitraum erwartet werden kann. Die Steigung (m) der linearen Trendlinie ist über jedem Diagramm angegeben.

Für die vergleichende Auswertung wurden fünf Trendklassen gebildet. Die Klassifizierung richtet sich nach der Richtung und der Steigung der linearen Geraden (Tabelle 7).

Tabelle 7: Definition von Klassen für die Richtung und die Steigung der linearen Trendlinien 2001-2050

Trendklasse	Richtung der linearen Trendlinie 2001-2050	Steigung (m) der linearen Trendlinie 2001-2050
1	aufwärts	mehr als +0,30
2	geringfügig aufwärts	+0,20 bis +0,30
3	keine	zwischen -0,20 und +0,20
4	geringfügig abwärts	-0,20 bis -0,30
5	abwärts	weniger als -0,30

Eine kurze tabellarische Ergebnisübersicht für alle 20 Erreger und alle 6 Boden-Klima-Räume findet sich im Anhang 7.1, Seite 103).

Für die Interpretation wurden darüber hinaus für jeden Erreger kritische Schwellen für das jährliche Risiko im definierten Zeitraum berücksichtigt. Die Schwellen wurden in den Diagrammen mit grünen, gelben und roten Bereichen kenntlich gemacht. Sie markieren nach heutigem Kenntnisstand, ab wann das erregerspezifische Risiko nicht mehr als gering, sondern als mittel bzw. hoch eingestuft werden muss. Einige dieser Schwellen werden bereits seit vielen Jahren in den proPlant-eigenen Warndiensten eingesetzt, um Landwirte und Berater rechtzeitig daraufhin zu weisen, dass z.B. eine Pilzkrankheit allein von den Witterungsbedingungen her zum Problem werden könnte.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Winterweizen

Gegenstand der Studie waren acht bedeutende Pilzkrankheiten im Weizen, für die Modelle im EDV-gestützten Pflanzenschutz-Beratungssystem proPlant expert. existieren (Tabelle 5, Seite 14).

#### 4.1.1 Halmbruch

<b>Bedeutung</b>	<p>Die Halmbruchkrankheit (<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>) ist eine typische Fruchtfolgekrankheit, da der Pilz an Stoppelresten im Boden überdauert. Daher spielt Halmbruch vor allem bei einem hohen Getreideanteil in der Rotation mit reduzierter Bodenbearbeitung eine Rolle.</p> <p>Auf kritischen Schlägen erfolgt 1 Fungizidbehandlung in frühen EC-Stadien (EC 30-32), die sich häufig auch gegen andere Pilzkrankheiten richtet (z.B. Mehltau, <i>Septoria tritici</i>, DTR).</p>
<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	<p>Der Pilz kann die Weizenpflanzen ab dem Auflaufen im Herbst bei feuchter Witterung infizieren. Besonders frühe Aussaaten sind gefährdet. Kann der Weizen bereits im Herbst infiziert werden, hat der Pilz mehr Zeit, in den Stängel einzuwachsen. Milde Winter begünstigen die Pilzentwicklung. Bei feucht-kühlen Bedingungen im Frühjahr sind auch noch späte Halmbruch-Infektionen möglich. In Regionen mit häufiger Frühsommertrockenheit kann sich der Pilz in der Regel nicht weiterentwickeln, hohe Temperaturen stoppen die Pilzentwicklung.</p> <p>Untersucht wurden die Infektionsbedingungen im 6-Monats-Zeitraum 1.11. bis 30.4. Für diesen Zeitraum lagen bereits Auswertungserfahrungswerte (= Schwellenwerte für die Kennzahl) aus früheren Jahren vor. Der 1. November ist ein Kompromiss zwischen sehr frühen Auflaufterminen (z.B. nach Raps im Sauerland) und sehr späten Auflaufterminen (z.B. nach Zuckerrüben in der Köln-Aachener Bucht). Die Infektionsbedingungen nach dem 30. April sind für die Bekämpfungsentscheidung in der Regel nicht mehr interessant.</p>
<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	<p>In allen Regionen treten immer mal wieder große Schwankungen des Infektionsrisikos zwischen den einzelnen Jahren auf.</p> <p>In allen 6 Regionen bleibt das Infektionsrisiko nahezu konstant.</p> <p>Im regionalen Vergleich bleiben Ostwestfalen und Niederrhein und die Regionen mit dem höchsten Infektionsrisiko und die Übergangslagen Ostwestfalen und die Köln-Aachener-Bucht die Regionen mit dem geringsten Infektionsrisiko.</p>

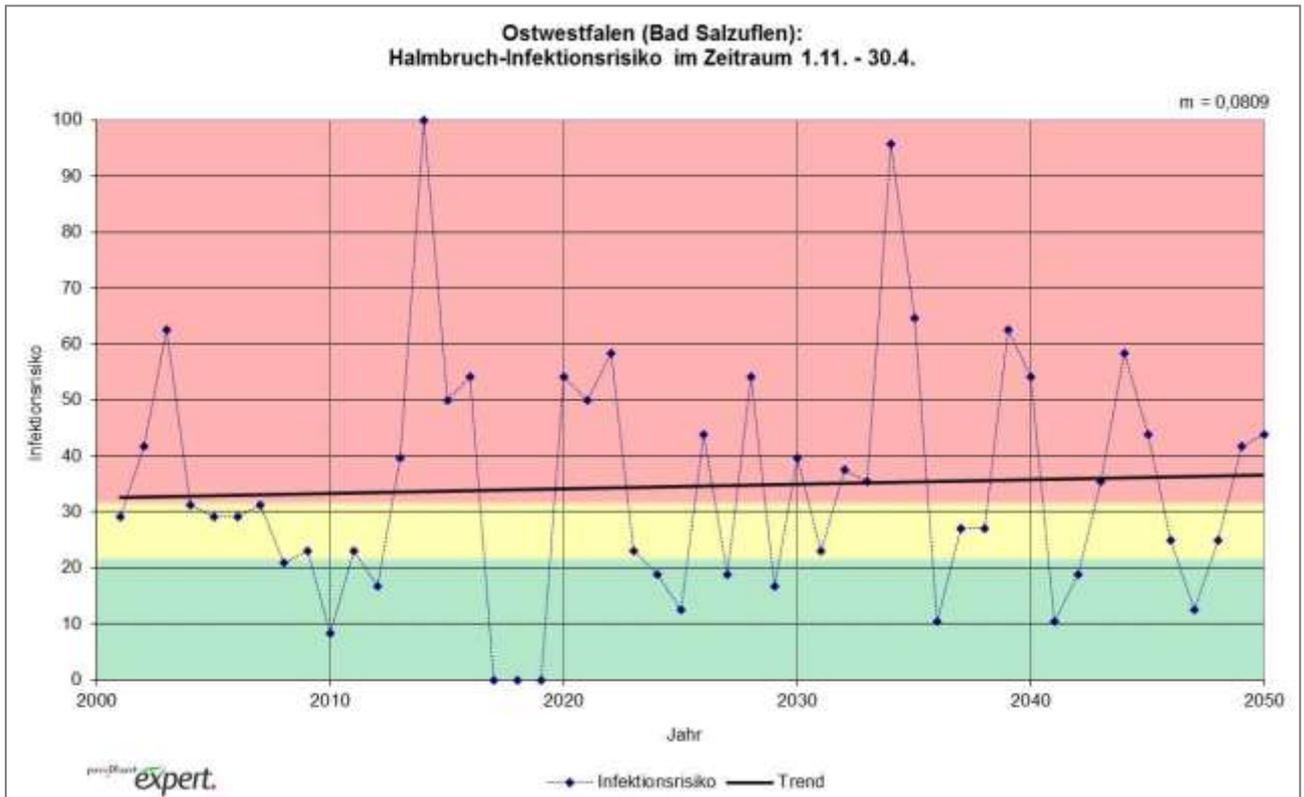


Abbildung 4

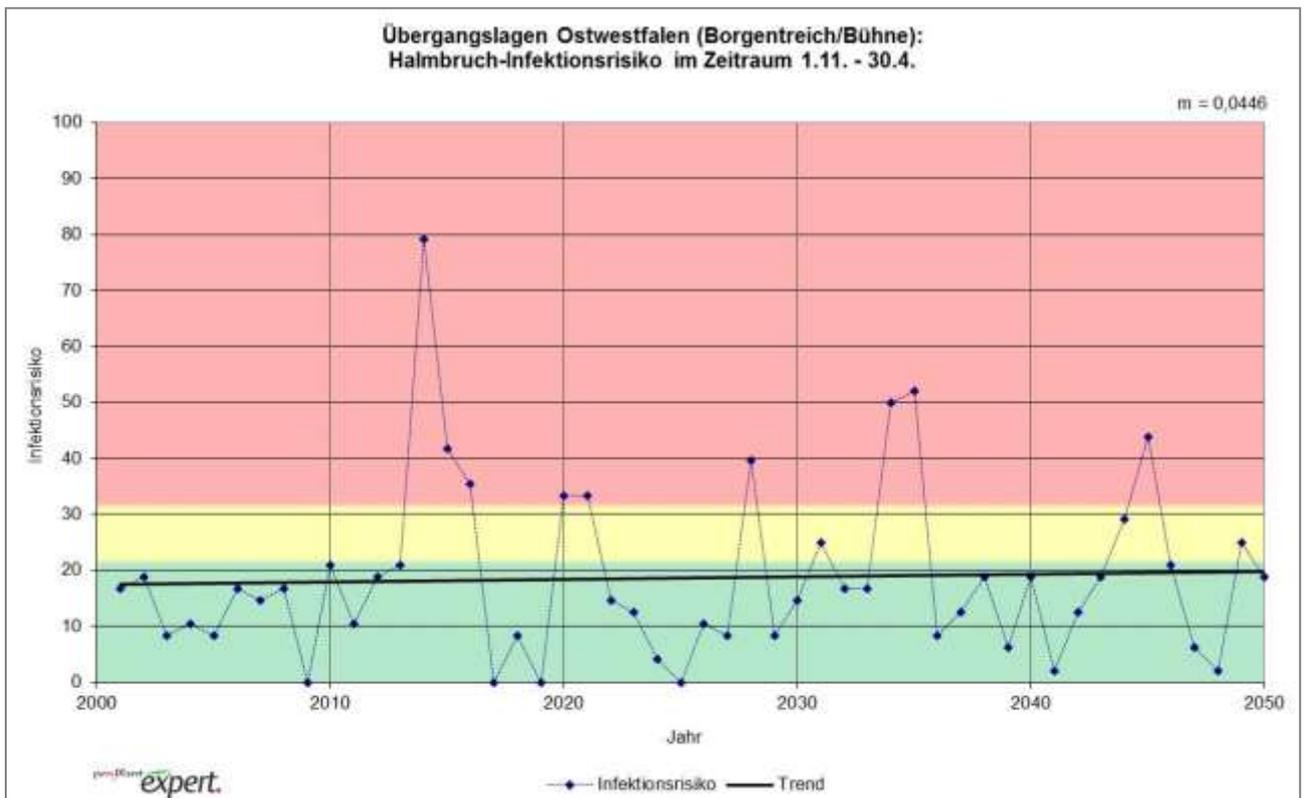


Abbildung 5

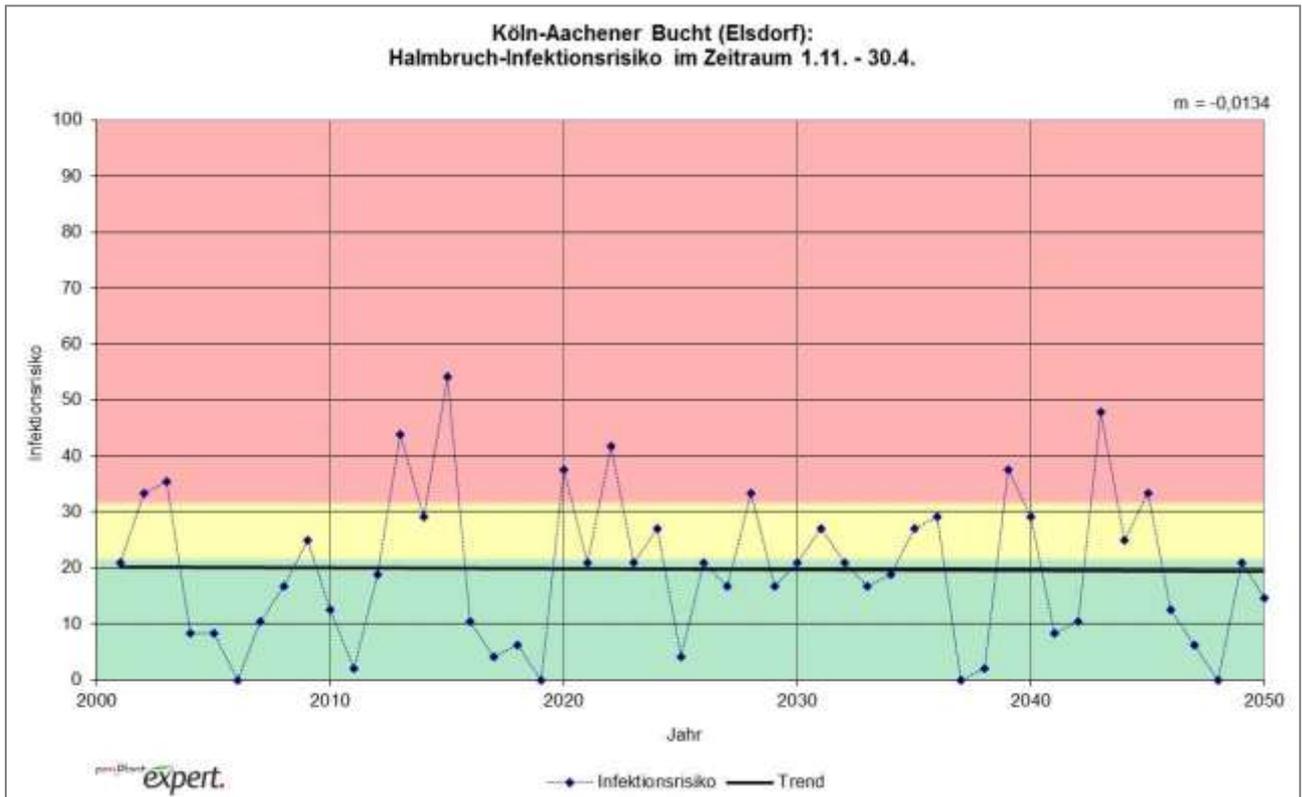


Abbildung 6

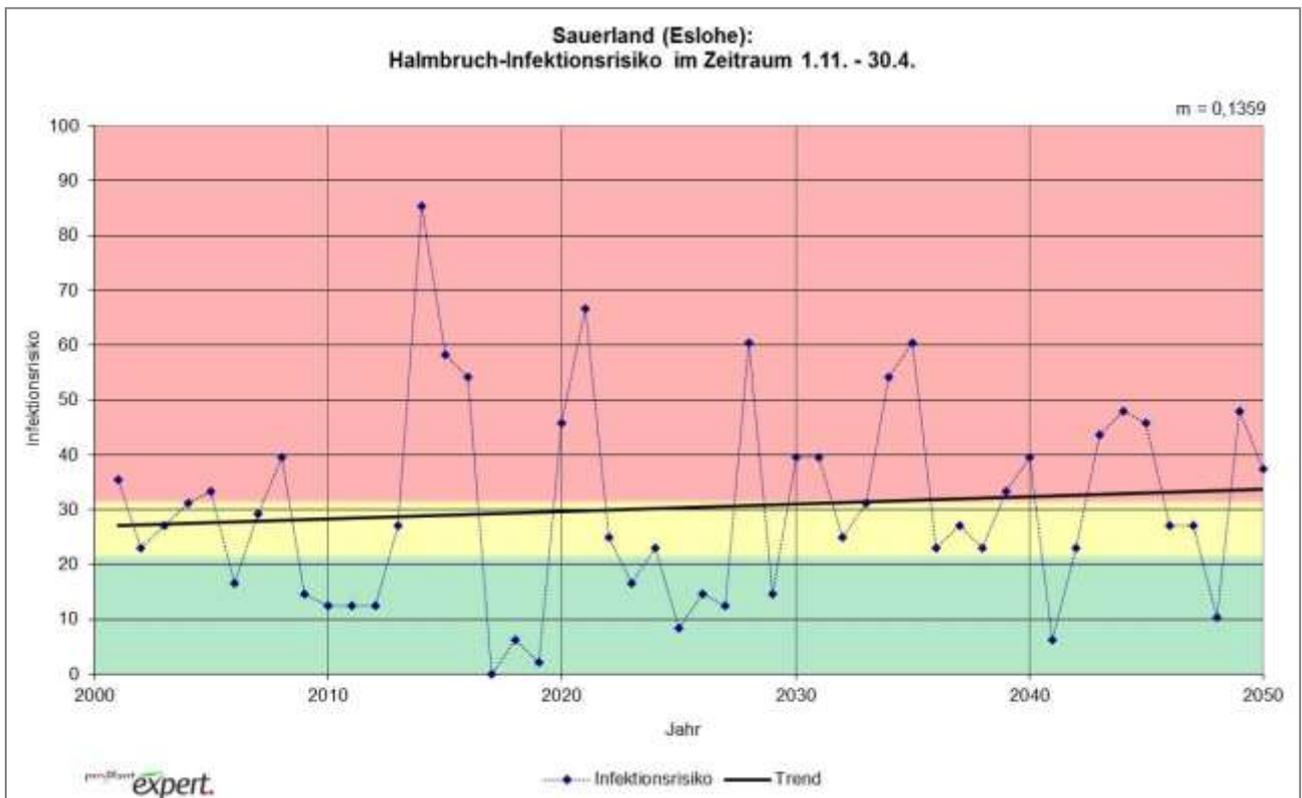


Abbildung 7

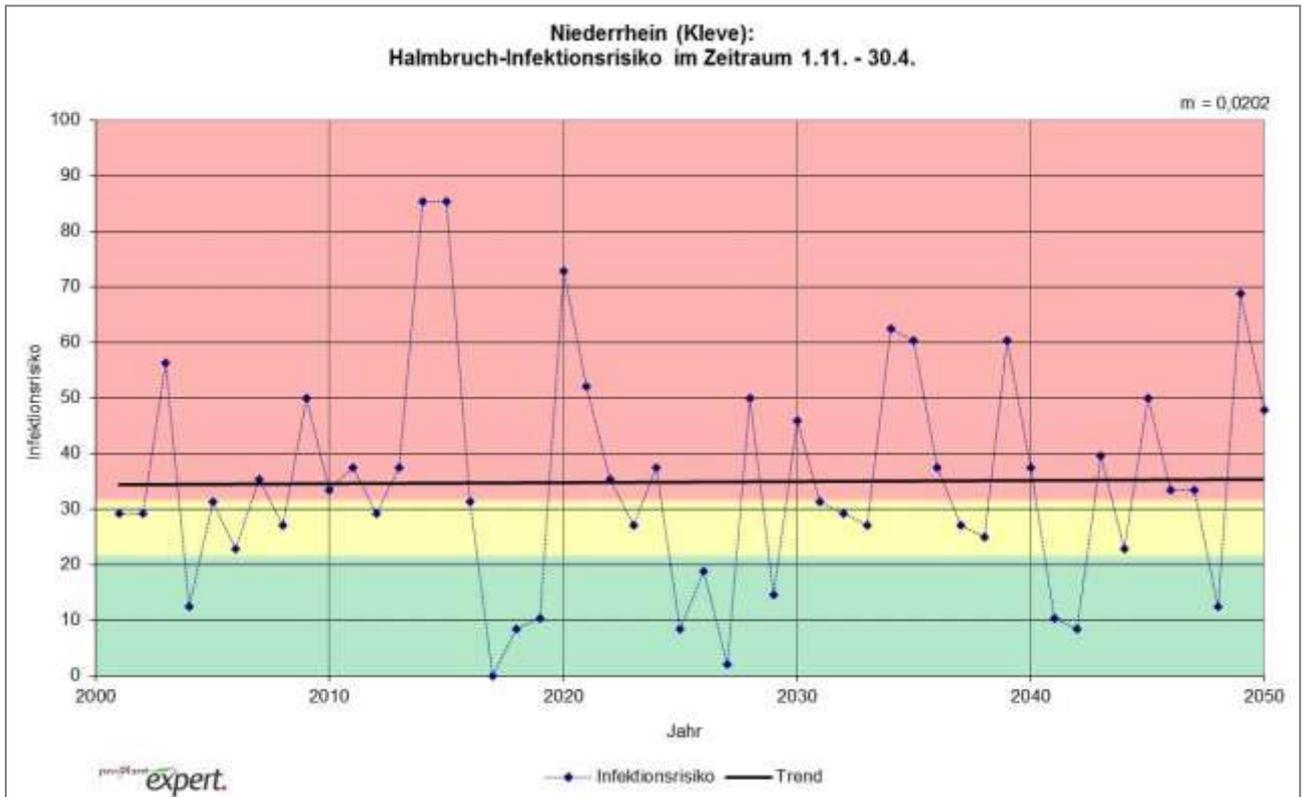


Abbildung 8

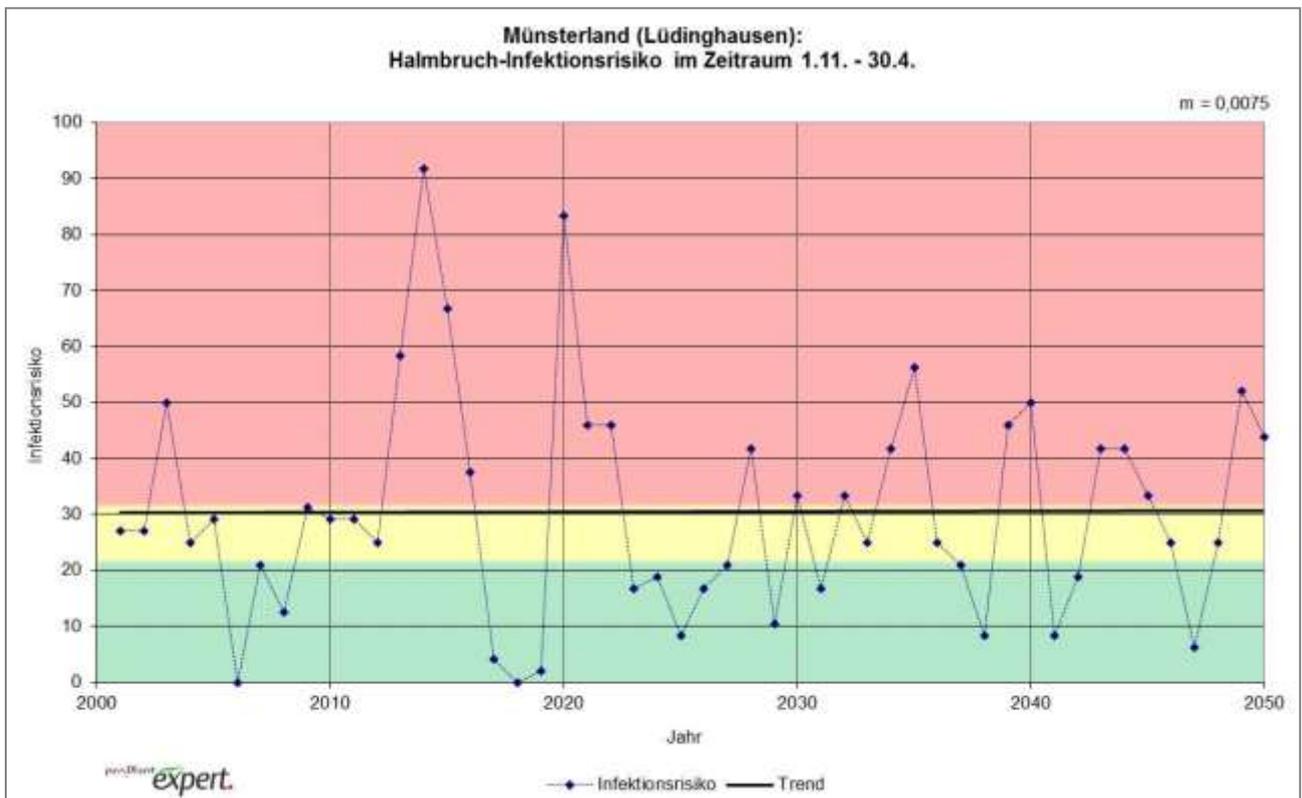


Abbildung 9

#### 4.1.2 Mehltau

<b>Bedeutung</b>	<p>Unter stimmten Voraussetzungen tritt der Weizenmehltau (<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>) bekämpfungswürdig in NRW auf (z.B. anfällige Sorte, frühe Aussaat, hohe Stickstoff-Versorgung).</p> <p>Unter kritischen Randbedingungen wird eine gezielte Behandlung mit Spezialfungiziden gegen Mehltau durchgeführt (z.B. in den sehr frühen EC-Stadien 21-30, teilweise kombiniert mit dem Wachstumsreglereinsatz). Dabei gibt es regionale Unterschiede (im Münsterland häufiger als im Sauerland). In höheren EC-Stadien (ab EC 31) werden im Weizen oftmals Fungizide eingesetzt, die in ihrer breiten Fungizidwirkung auch Mehltau bekämpfen.</p>
------------------	--

<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	<p>Infektionsfördernd sind mittlere Temperaturen (warme Nächte bei bedecktem Wetter) und hohe Luftfeuchten mit wenig oder keinem Regen. Milde Winter fördern den Populationsaufbau.</p> <p>Untersucht wurden die Infektionsbedingungen im 5-Monats-Zeitraum 1.11. bis 31.3. Für diesen Zeitraum lagen bereits Auswertungserfahrungswerte (= Schwellenwerte für die Kennzahl) aus früheren Jahren vor. Der 1. November ist ein Kompromiss zwischen sehr frühen Auflaufterminen (z.B. nach Raps im Sauerland) und sehr späten Auflaufterminen (z.B. nach Zuckerrüben in der Köln-Aachener Bucht). Die Infektionsbedingungen bis zum 31. März sind für frühe Fungizidmaßnahmen im Weizen interessant.</p>
--	--

<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	<p>Für die zwei Regionen Köln-Aachener Bucht und Niederrhein nimmt das Infektionsrisiko deutlich zu. In der Region Übergangslagen Ostwestfalen bleibt das Infektionsrisiko dagegen konstant. In den anderen drei Regionen ist eine geringere Zunahme des Infektionsrisikos zu erwarten.</p> <p>Diese Änderungen sind insbesondere ab dem 2030er-Jahrzehnt zu beobachten.</p> <p>Im regionalen Vergleich bleibt die Köln-Aachener Bucht die Region mit dem höchsten Infektionsrisiko und das Sauerland die Region mit dem geringsten Infektionsrisiko.</p>
--	---

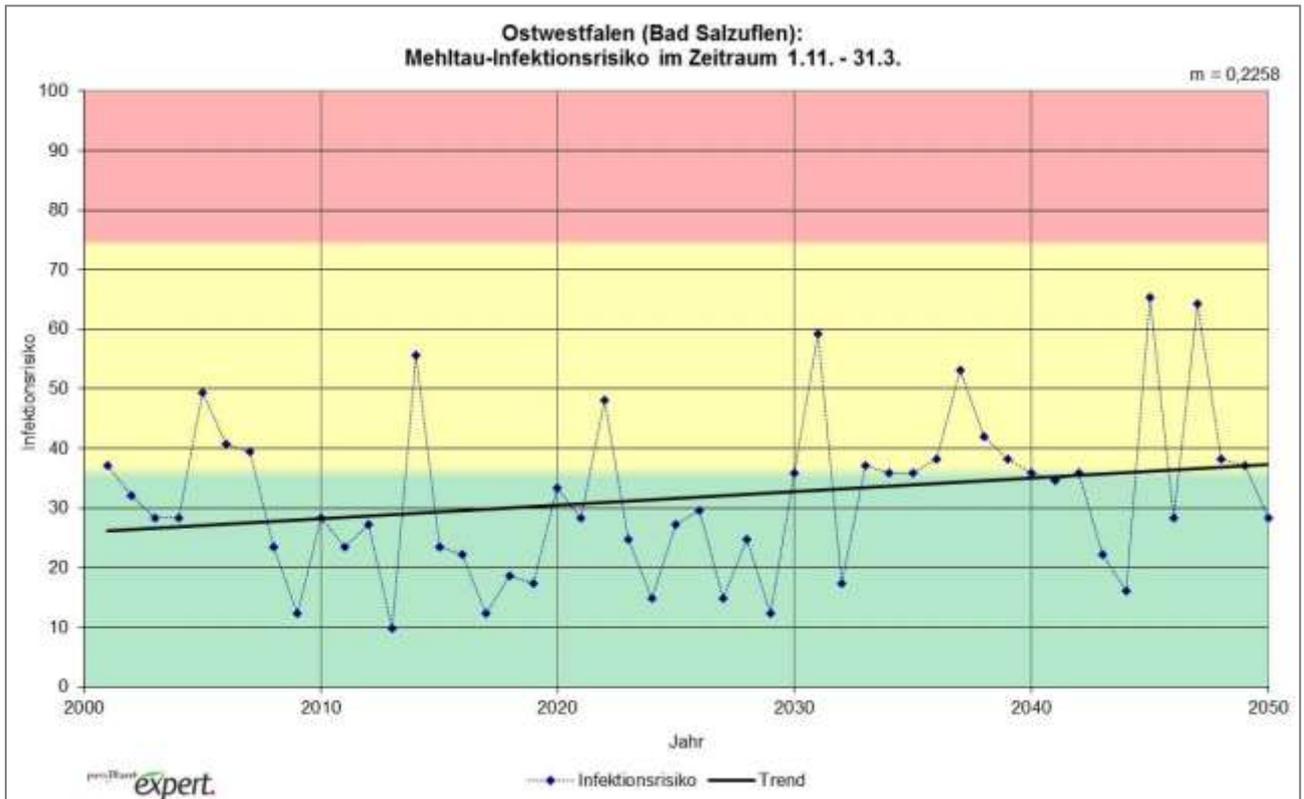


Abbildung 10

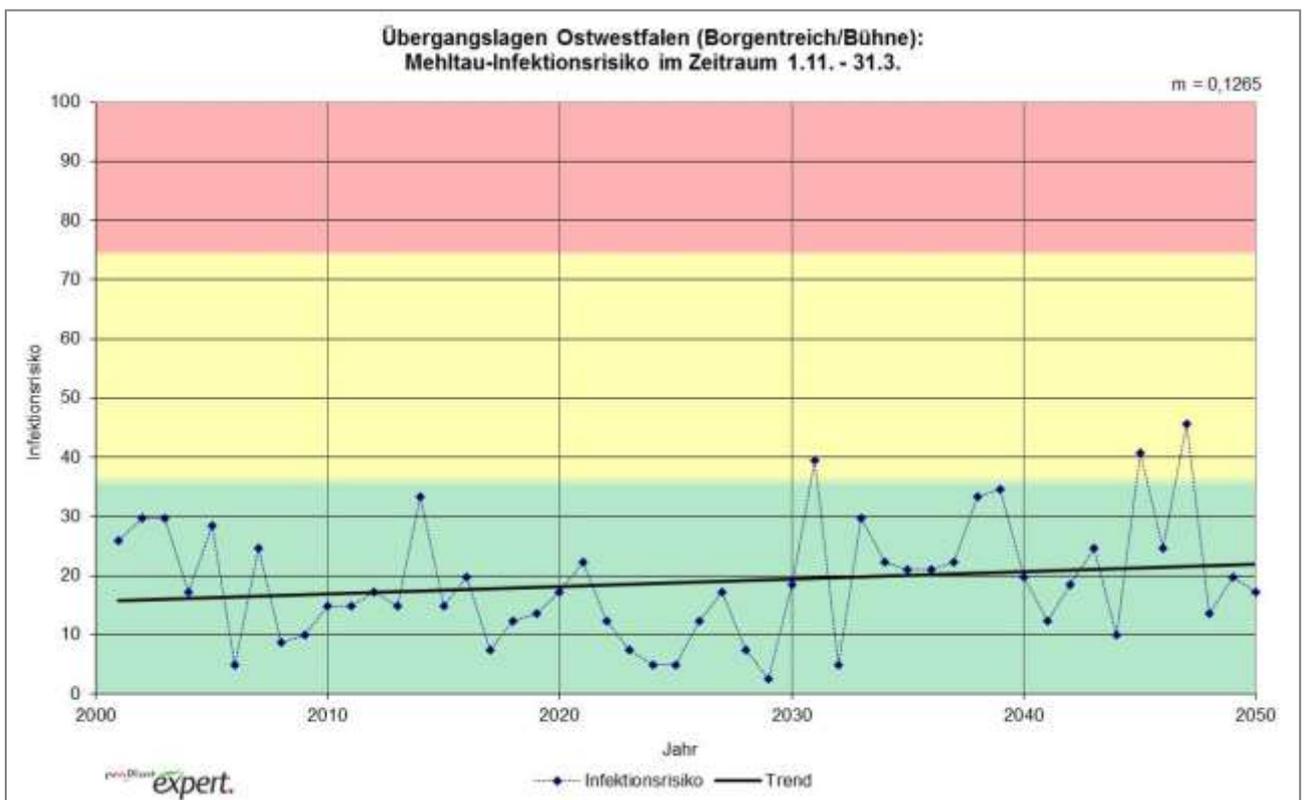


Abbildung 11

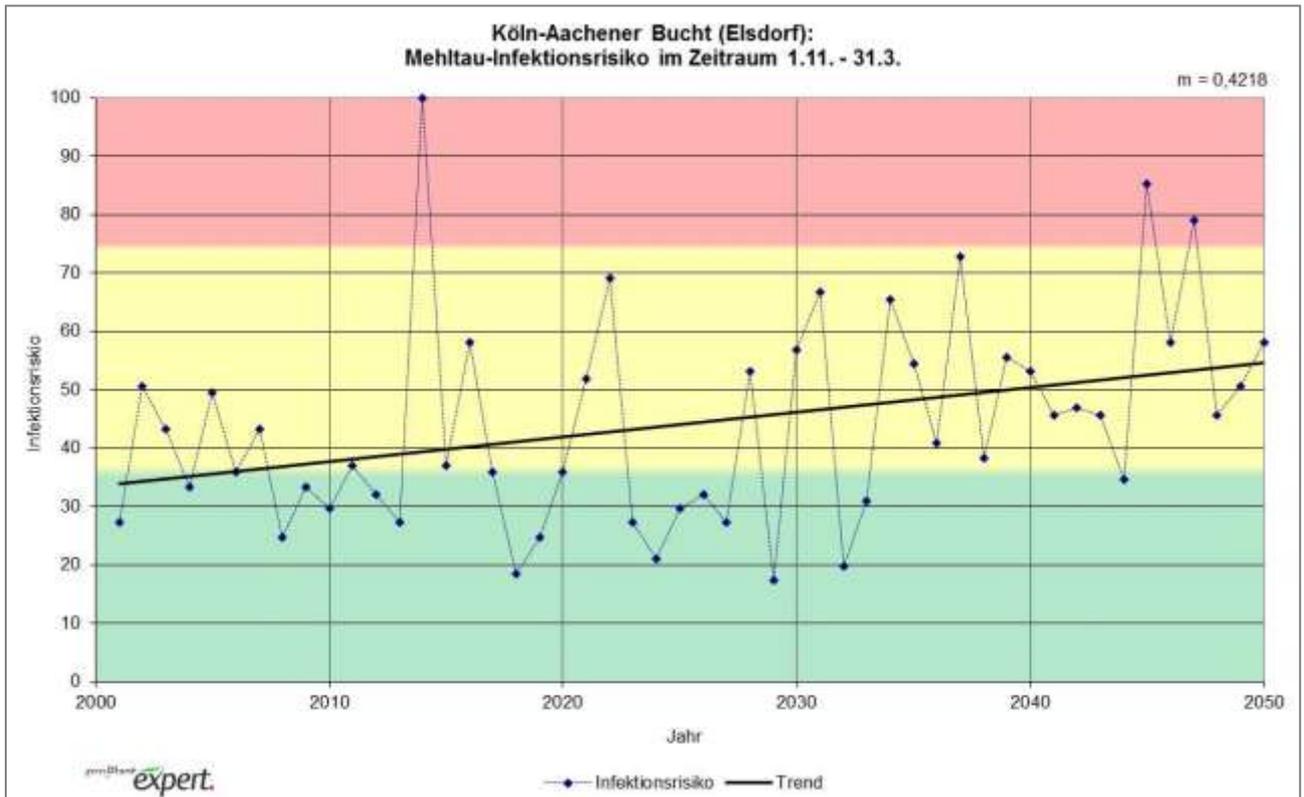


Abbildung 12

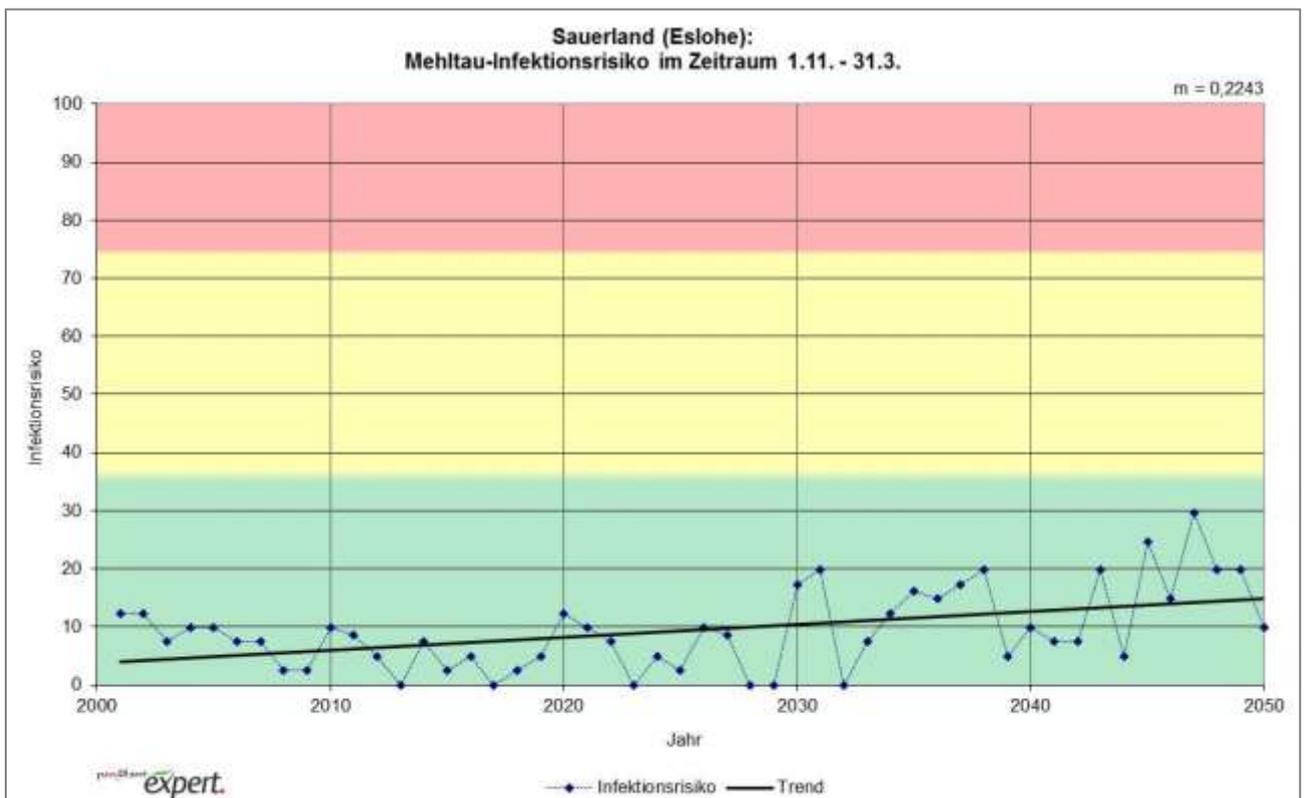


Abbildung 13

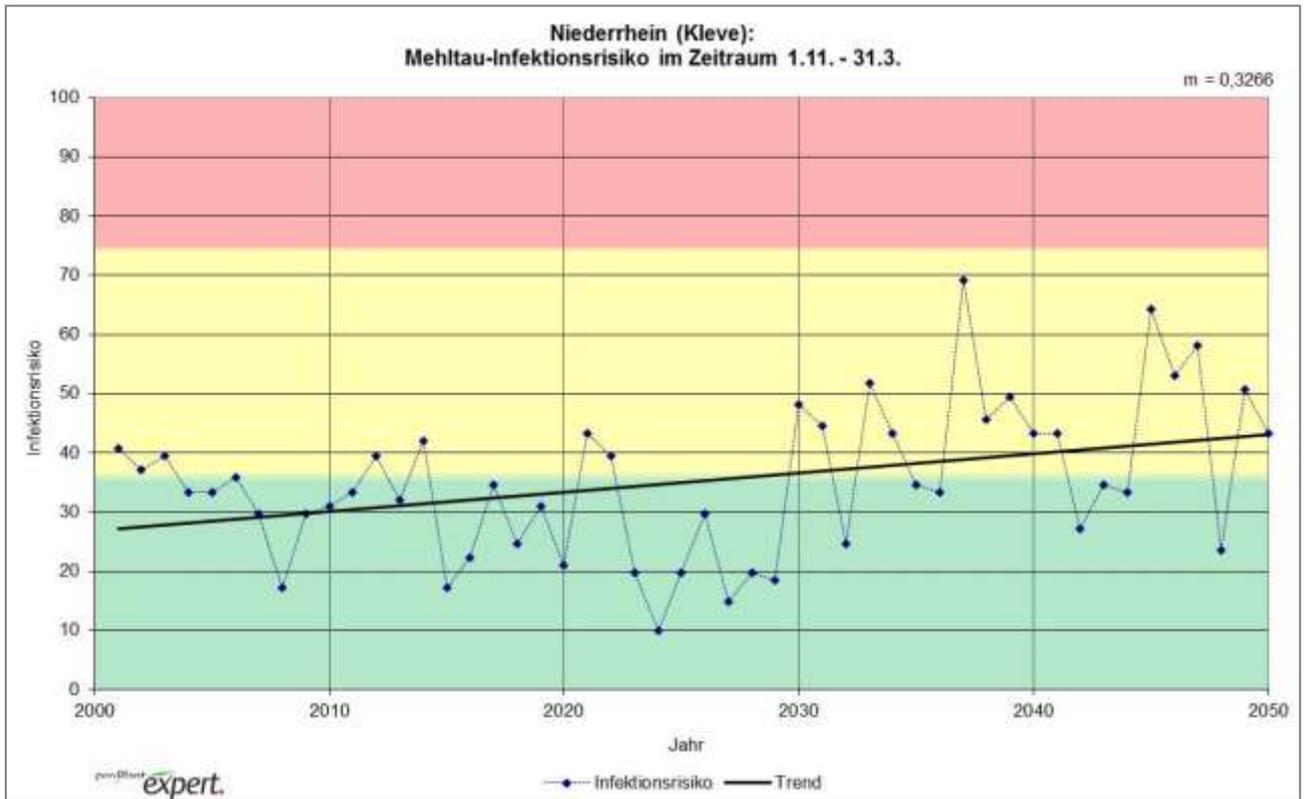


Abbildung 14

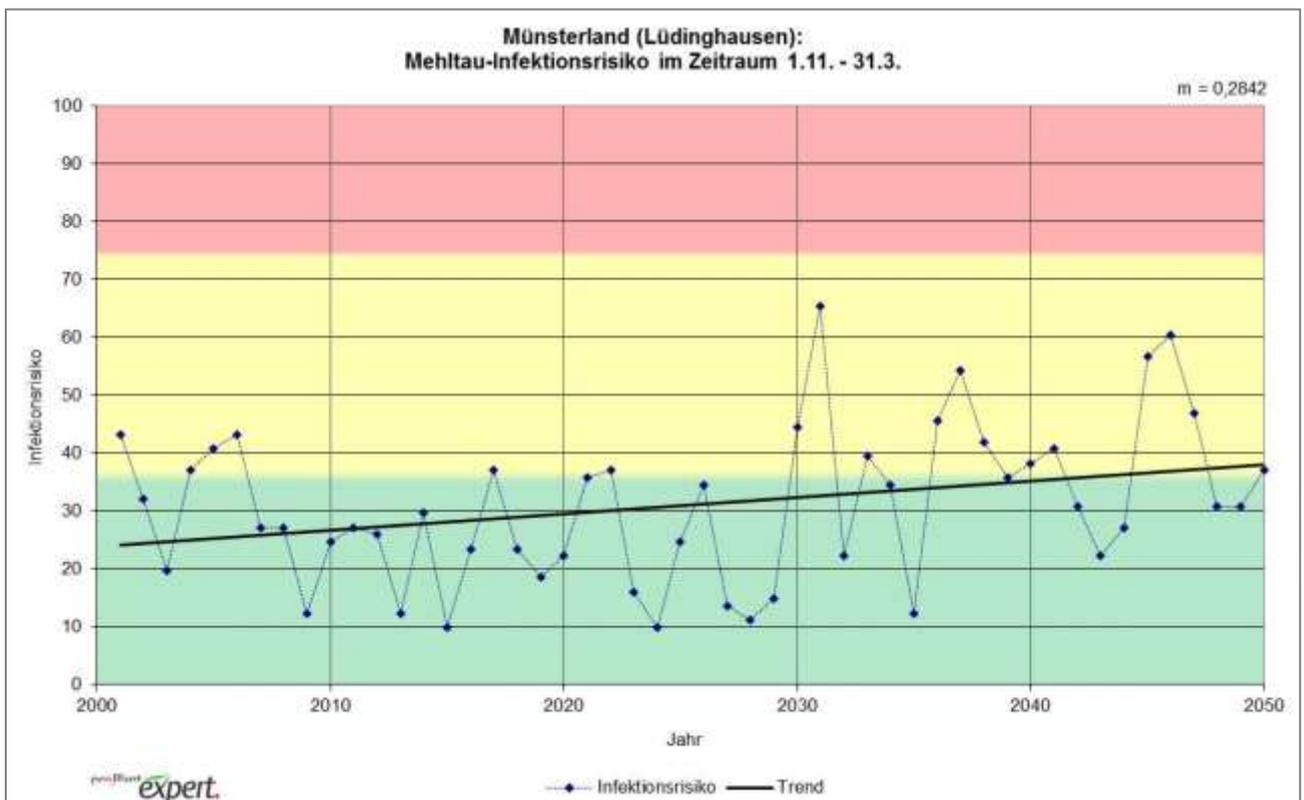


Abbildung 15

### 4.1.3 Septoria-Blattdürre

<b>Bedeutung</b>	Die Septoria-Blattdürre ( <i>Septoria tritici</i> ) zählt zu den häufigsten Krankheiten in NRW, die in allen Regionen bekämpfungswürdig auftreten kann. Der Befallsaufbau dieser Blattkrankheit mit der längsten Inkubationszeit erfolgt im Herbst und Winter. Von den in NRW je nach Jahr und Region praxisüblichen 1-3 Fungizidbehandlungen in Weizen können ein Teil oder alle an Septoria orientiert sein.
------------------	--

<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	<p>Die Feuchtigkeit ist die wichtigste Einflussgröße für Sporenfreisetzung, -verbreitung und Infektion. Zur Verbreitung benötigt die Krankheit ausgiebige Niederschläge, für die Infektion mindestens eintägige Feuchtigkeit auf den Blättern. Die Temperaturansprüche von <i>Septoria tritici</i> dagegen sind niedrig, die Krankheit kann bereits ab 5 °C Blätter infizieren.</p> <p>Untersucht wurden die Infektionsbedingungen im 3-Monats-Zeitraum 1.1. bis 31.3. und damit der für den Aufbau des Ausgangsinokulums interessante Zeitraum. Für diesen Zeitraum lagen bereits Auswertungserfahrungswerte (= Schwellenwerte für die Kennzahl) aus früheren Jahren vor.</p>
--	--

<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	<p>Ein deutlicher Aufwärtstrend des Infektionsrisikos wird für alle sechs Regionen ausgewiesen. Die kritische Schwelle wird insbesondere in den Regionen Münsterland, Niederrhein und Sauerland sehr häufig überschritten.</p> <p>Die Zahl der Jahre mit geringem Infektionsrisiko nimmt in allen 6 Regionen ab.</p> <p>In den Regionen Sauerland, Niederrhein und Münsterland wird in einzelnen Jahren ein für NRW neues Niveau erreicht werden.</p> <p><i>Septoria tritici</i>-Infektionen werden begünstigt durch milde, grüne Winter mit häufigen Niederschlägen. In den Trends des proPlant-Infektionsrisikos spiegeln sich die Temperatur- und Niederschlagsprognosen von Januar bis März für die Jahre 2001 bis 2050 wieder. Dies soll anhand der ergänzten zwei Klima-Graphiken für die Prognose-Station Eslohe (Sauerland) verdeutlicht werden. (Abbildung 22, Abbildung 23).</p>
--	--

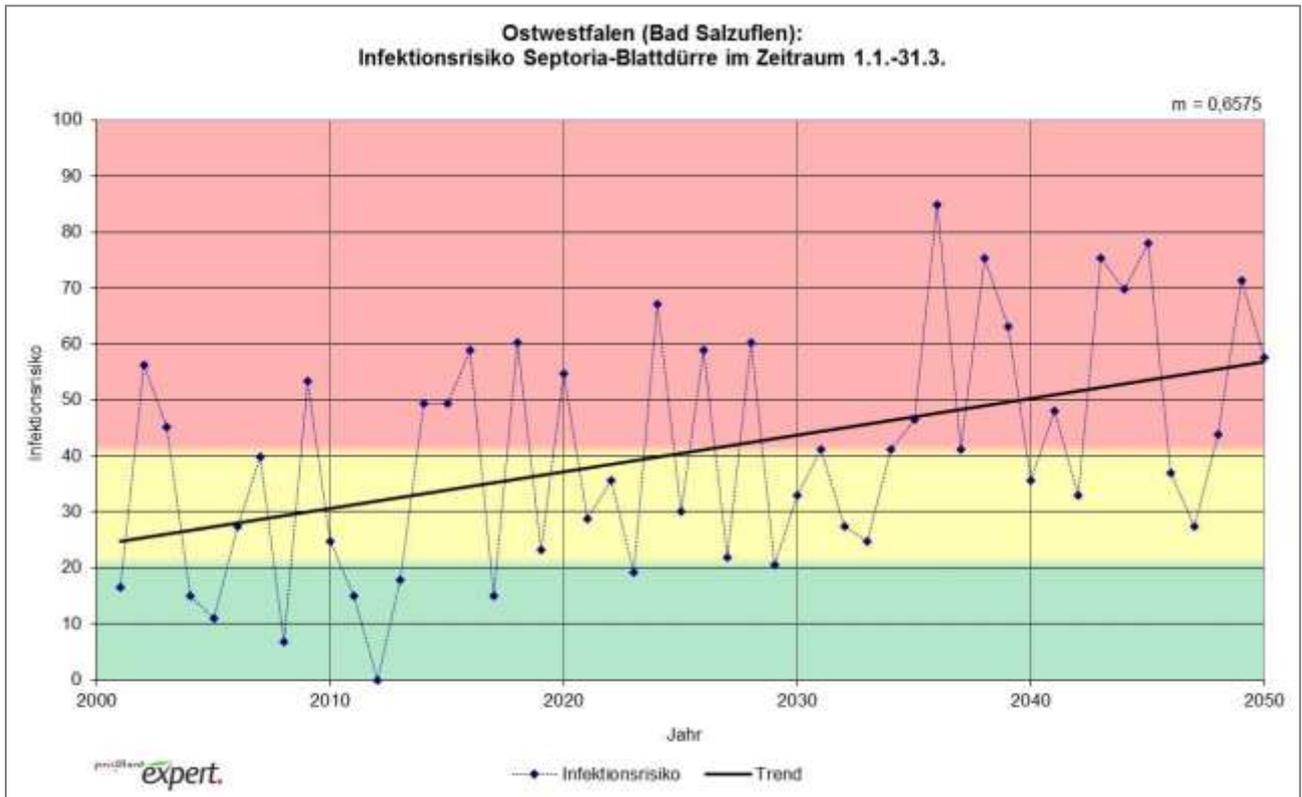


Abbildung 16

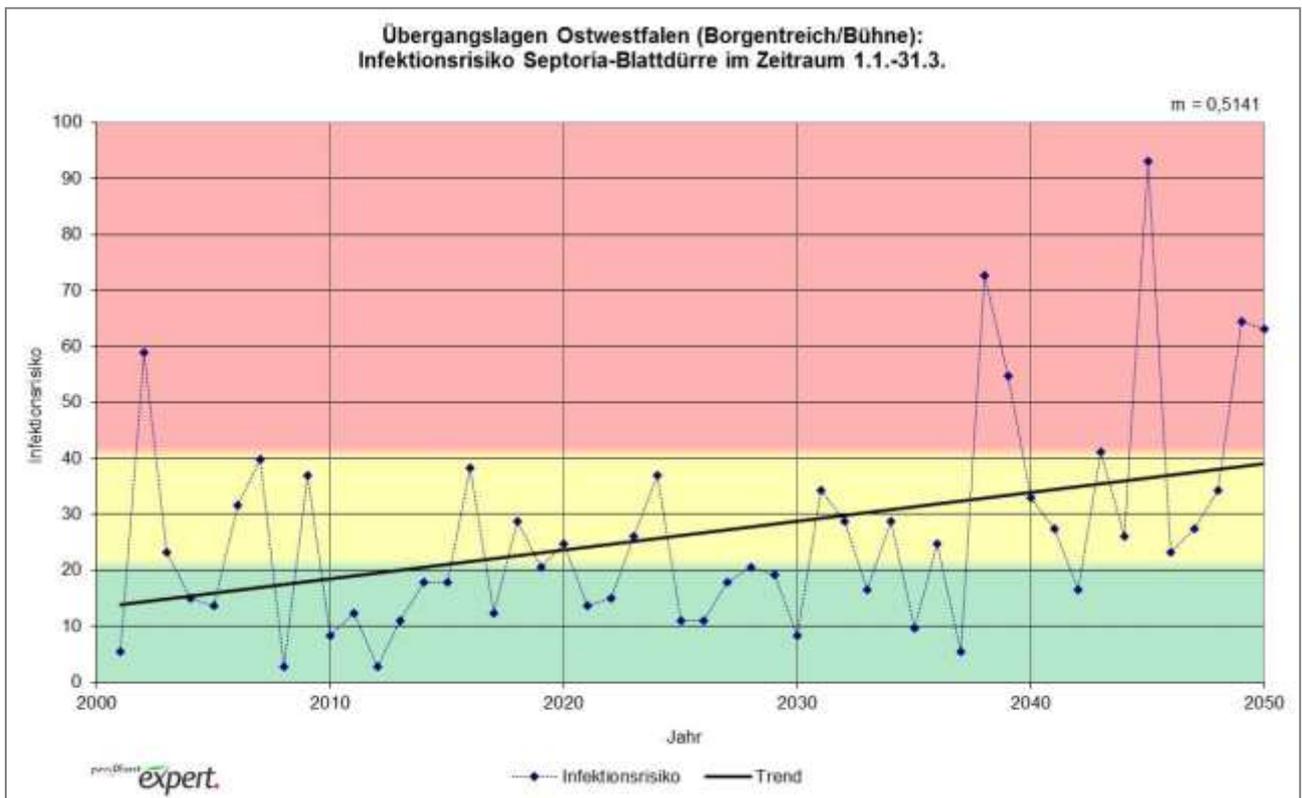


Abbildung 17

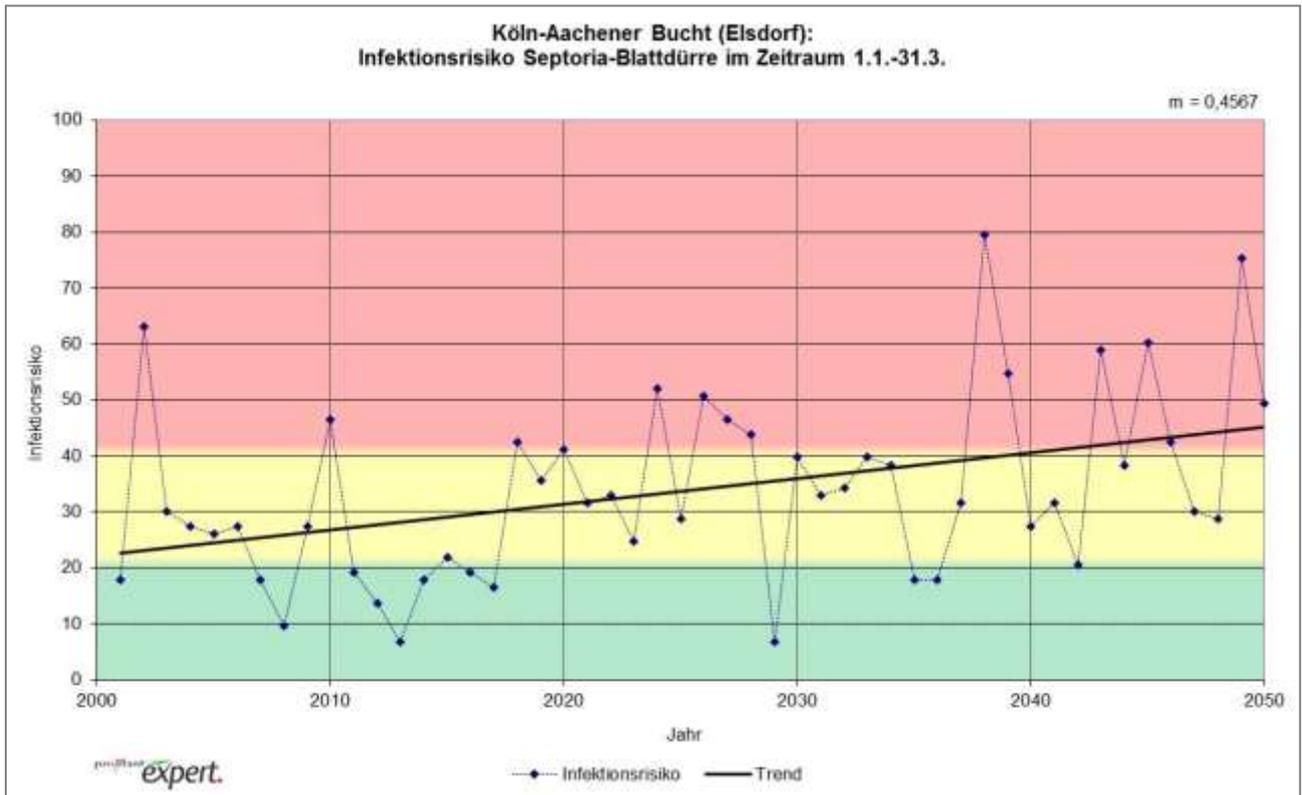


Abbildung 18

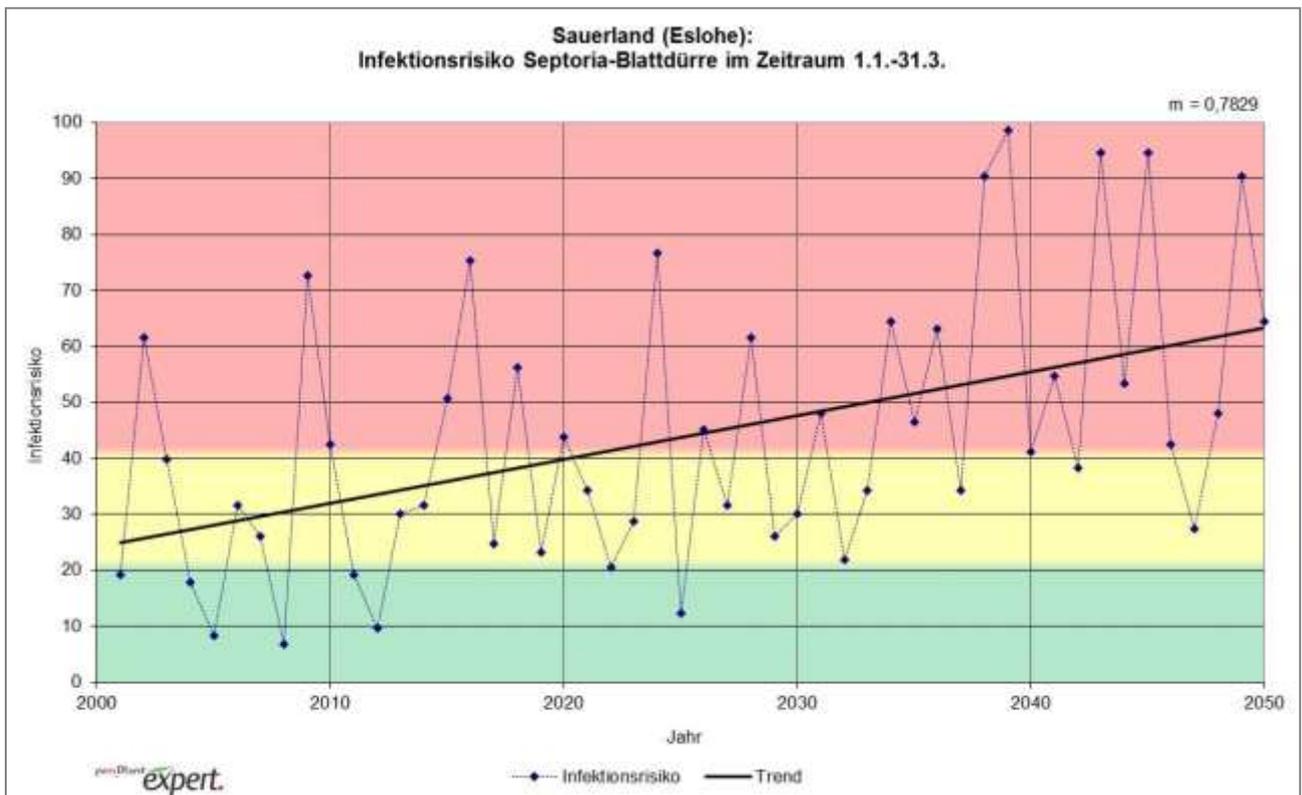


Abbildung 19

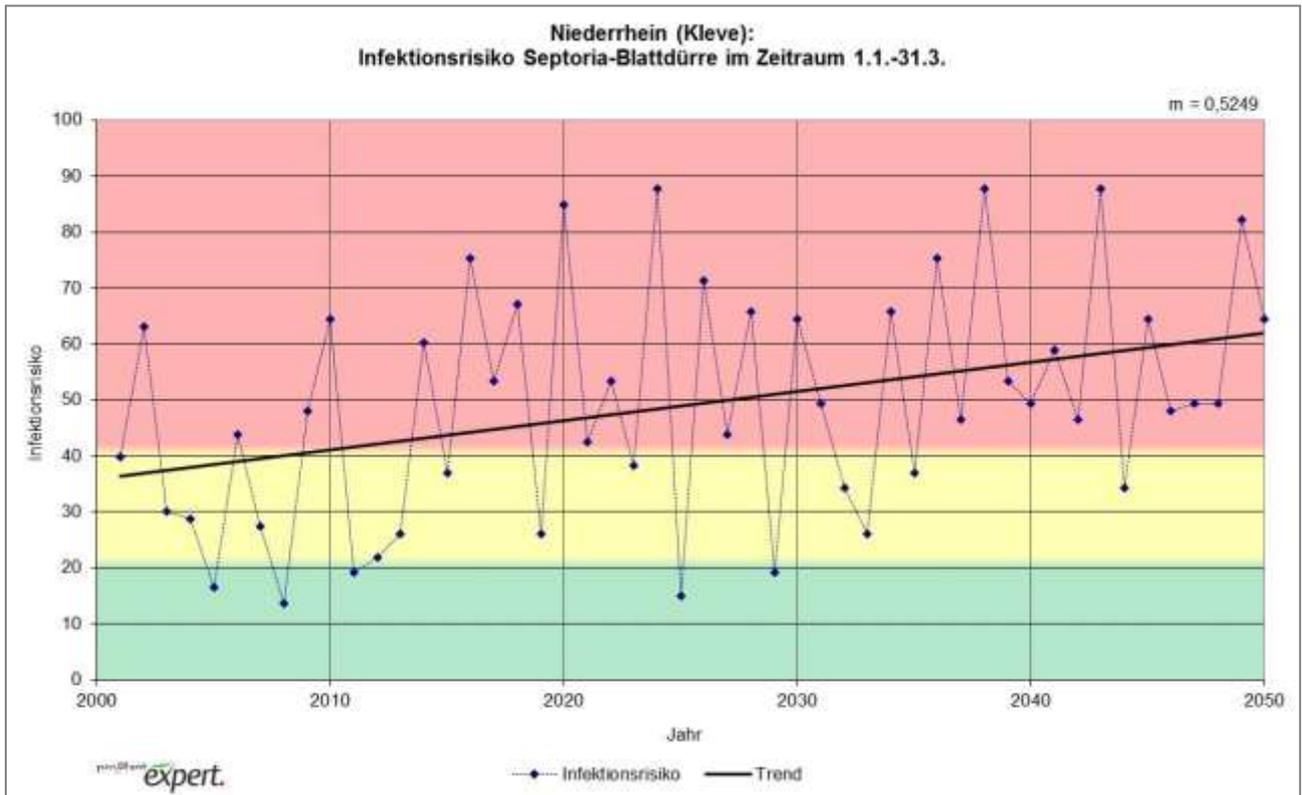


Abbildung 20

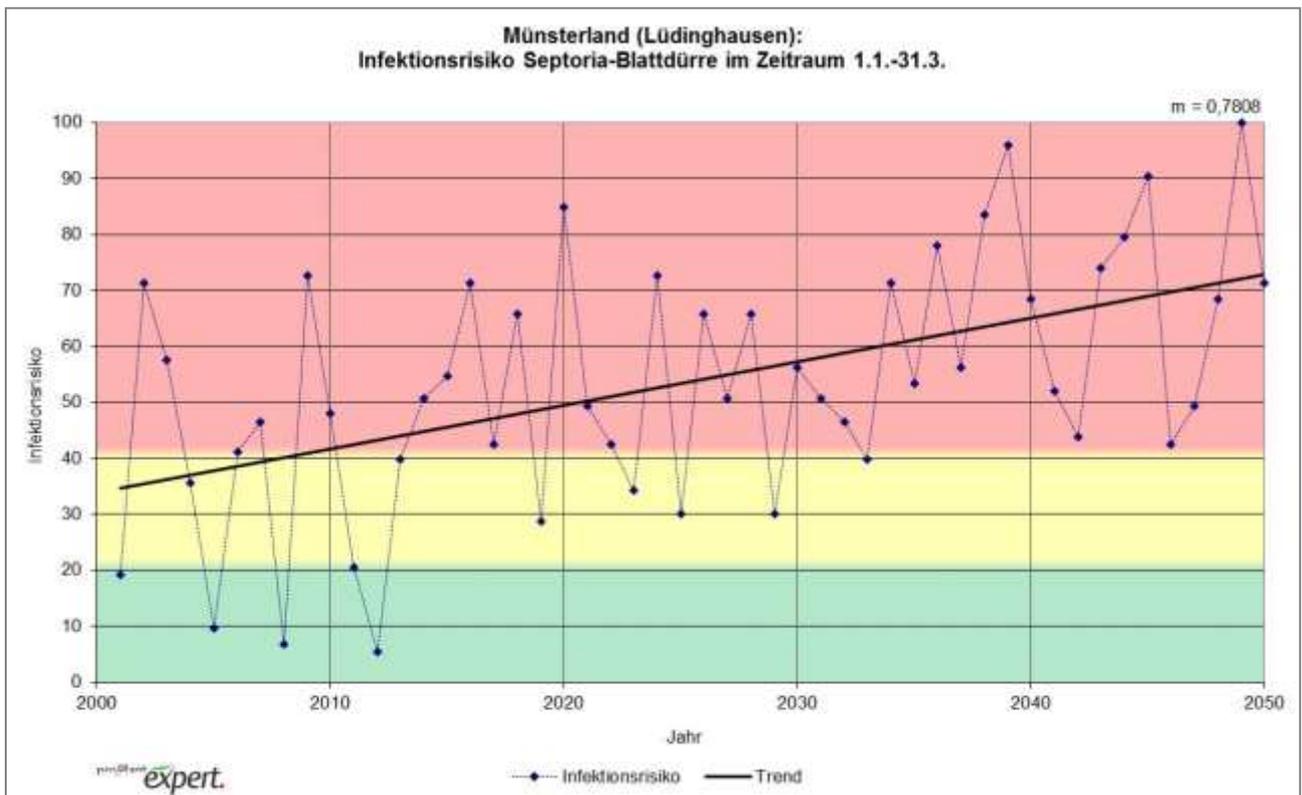


Abbildung 21

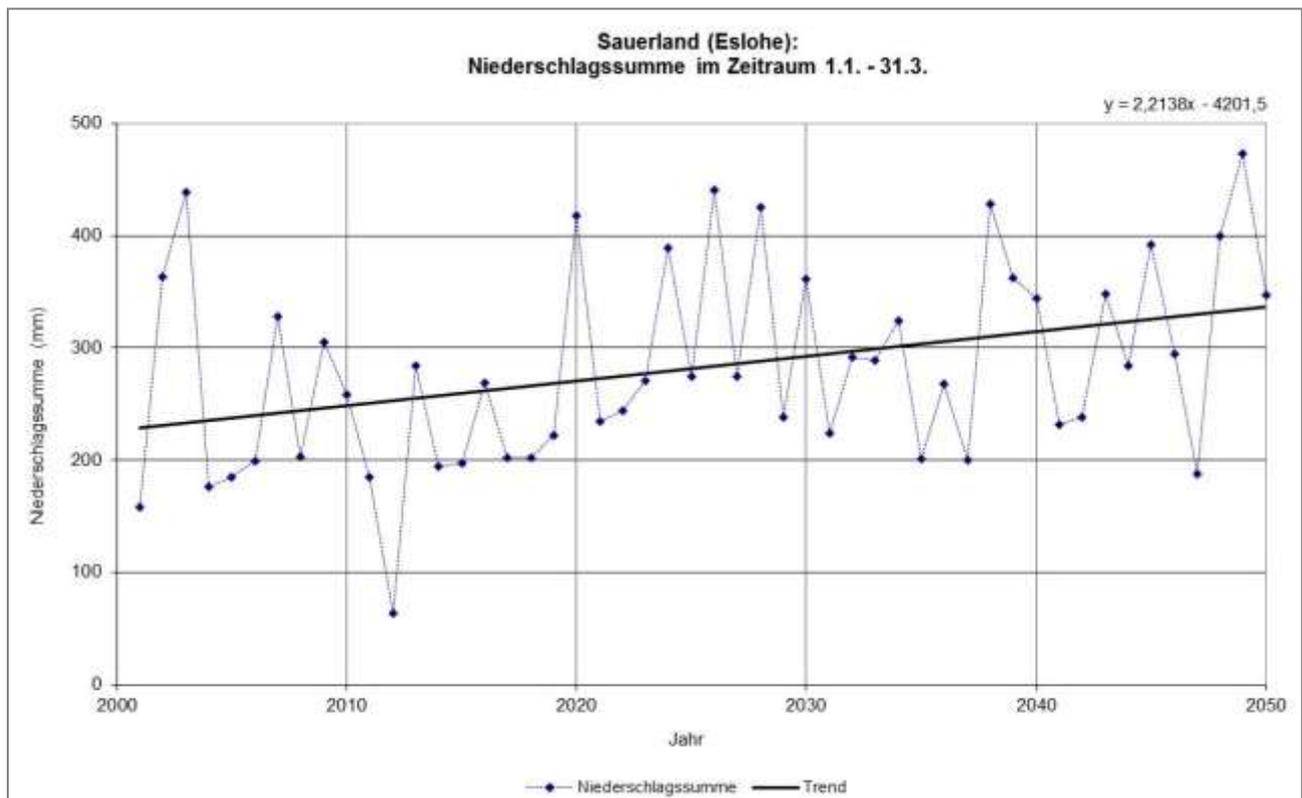


Abbildung 22

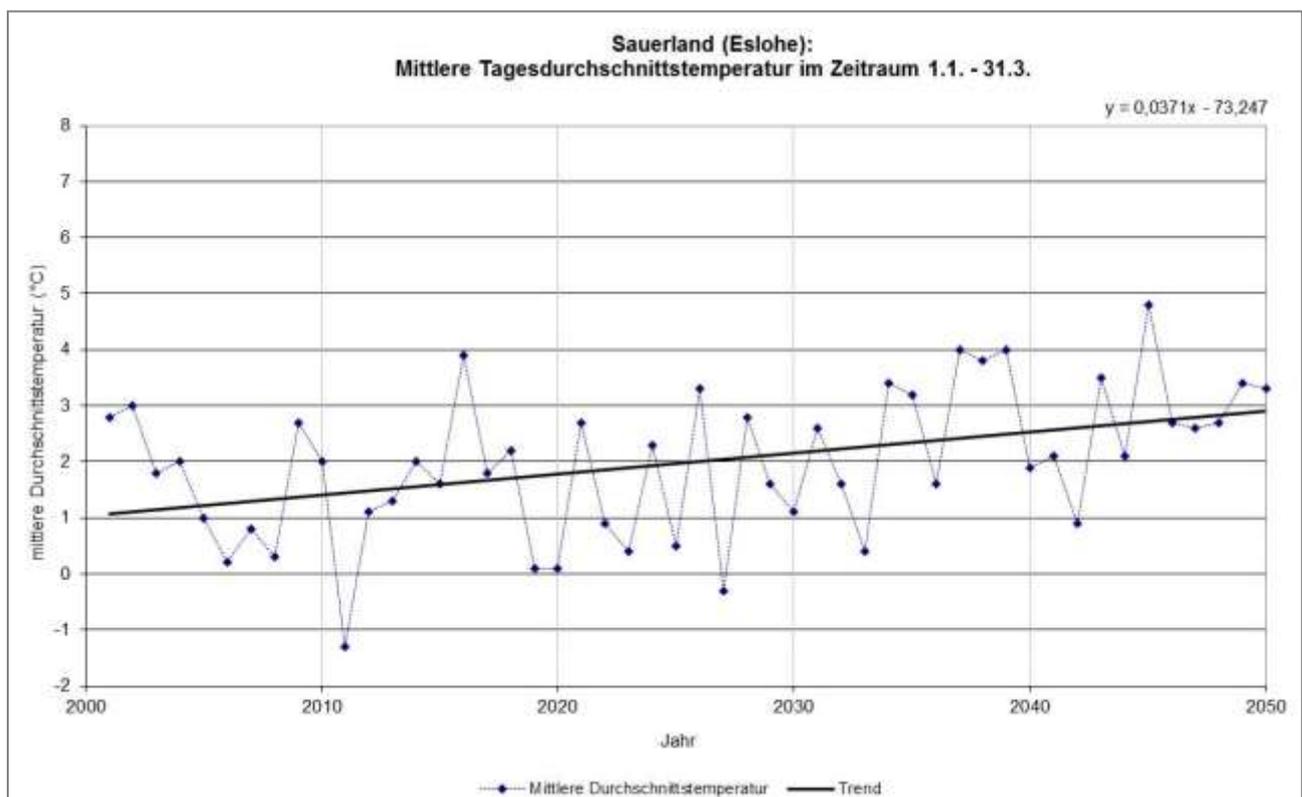


Abbildung 23

#### 4.1.4 Gelbrost

<b>Bedeutung</b>	Gelbrost ( <i>Puccinia striiformis</i> ) tritt in Weizen nicht regelmäßig auf. In den wenigen Befallsjahren gibt es zusätzlich große Sortenunterschiede. Sofern Gelbrost behandelt wird, richten sich die Fungizideinsätze häufig auch gegen andere Pilzkrankheiten.
<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	<p>Gelbrost wird durch mittlere Temperaturen mit Feuchtigkeit begünstigt, zu hohe Temperaturen gekoppelt mit Trockenheit stoppen den Befallsaufbau. Milde Winter begünstigen die Pilzentwicklung.</p> <p>Untersucht wurden die Infektionsbedingungen im 5-Monats-Zeitraum 1.11. bis 31.3. Für diesen Zeitraum lagen bereits Auswertungs-Erfahrungswerte (= Schwellenwerte für die Kennzahl) aus früheren Jahren vor. Der 1. November ist ein Kompromiss zwischen sehr frühen Auflaufterminen (z.B. nach Raps im Sauerland) und sehr späten Auflaufterminen (z.B. nach Zuckerrüben in der Köln-Aachener Bucht). Die Infektionsbedingungen bis zum 31. März sind für den Befallsaufbau interessant.</p>
<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	<p>Für die zwei Regionen Ostwestfalen und Münsterland nimmt das Infektionsrisiko deutlich zu. In den zwei Regionen Sauerland und Niederrhein ist eine geringere Zunahme des Infektionsrisikos zu erwarten. In den zwei Regionen Übergangslagen Ostwestfalen und Köln-Aachener Bucht bleibt das Infektionsrisiko dagegen konstant.</p> <p>In der Region Münsterland wird in einzelnen Jahren ein für NRW neues Niveau erreicht werden.</p> <p>Im regionalen Vergleich werden das Münsterland und Niederrhein die Region mit dem höchsten Infektionsrisiko und die Übergangslagen Ostwestfalen bleibt die Region mit dem geringsten Infektionsrisiko.</p>

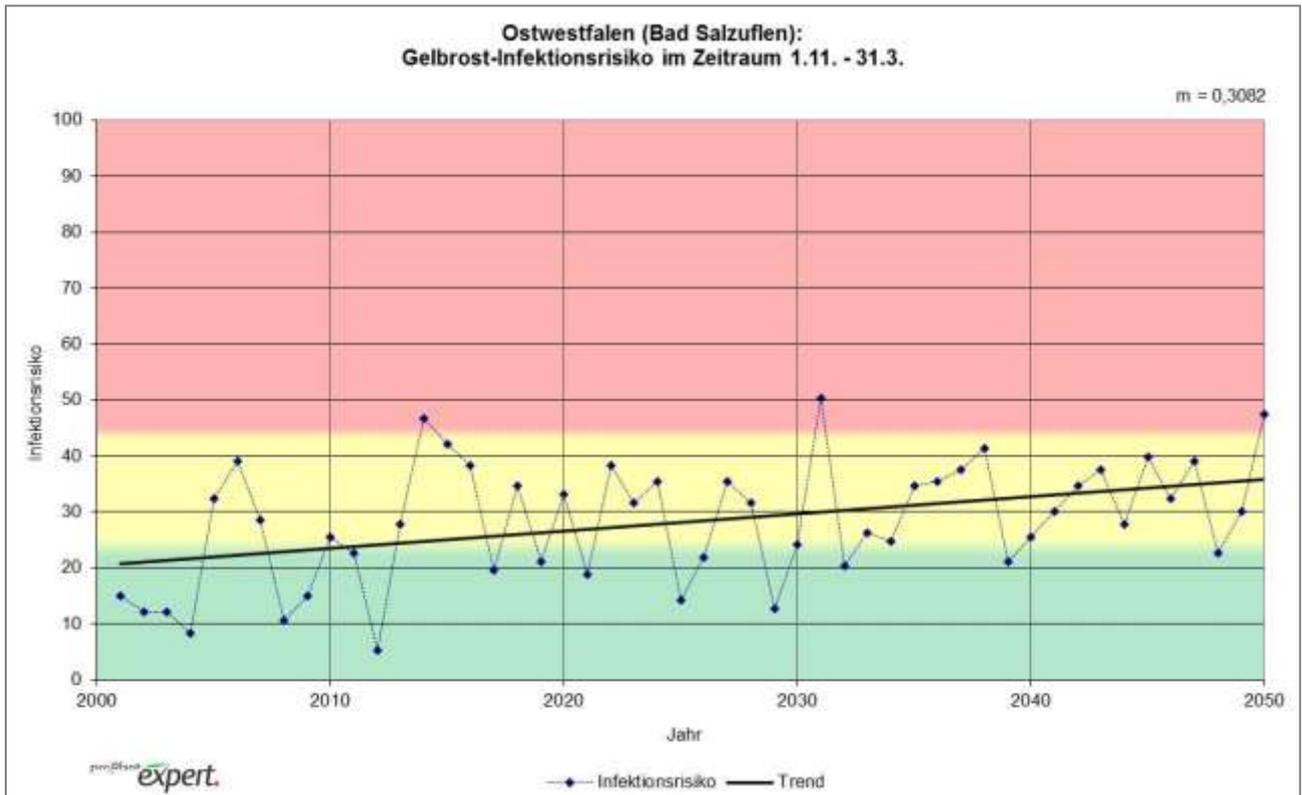


Abbildung 24

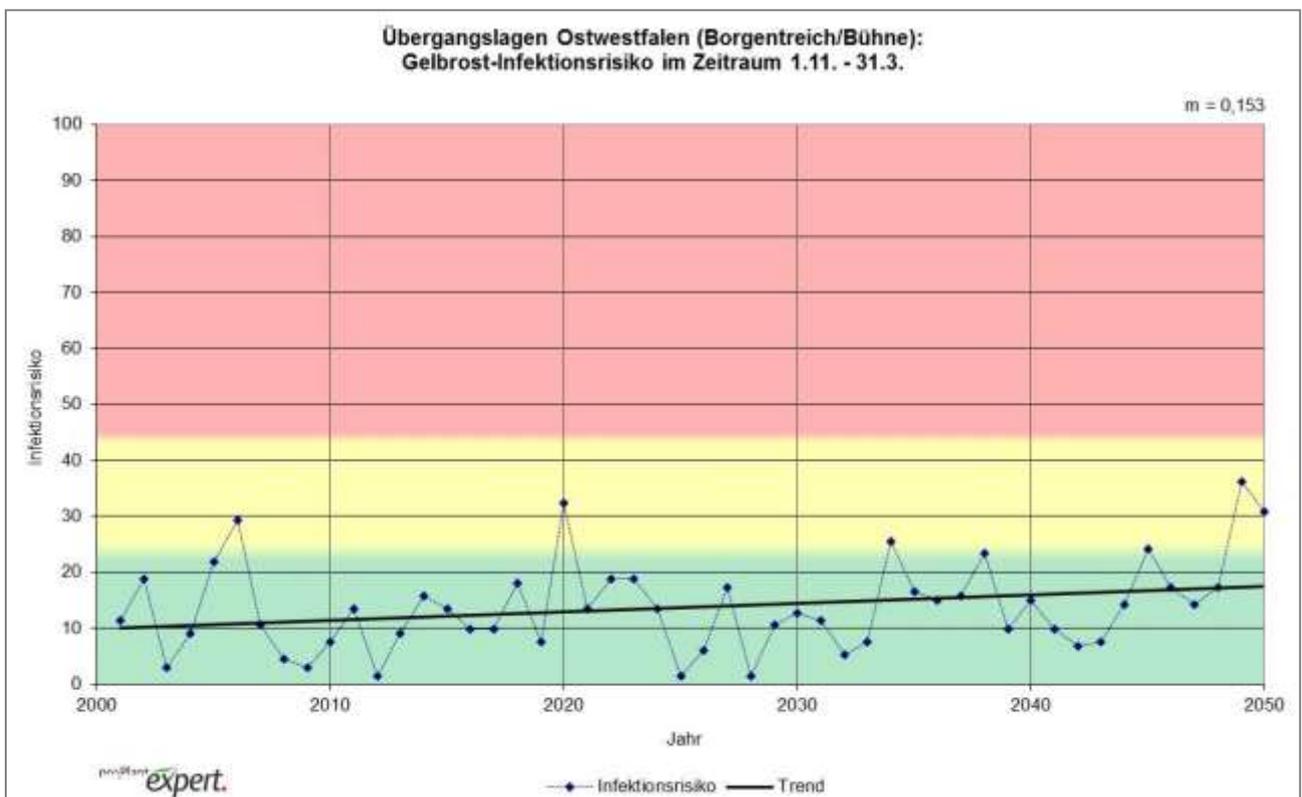


Abbildung 25

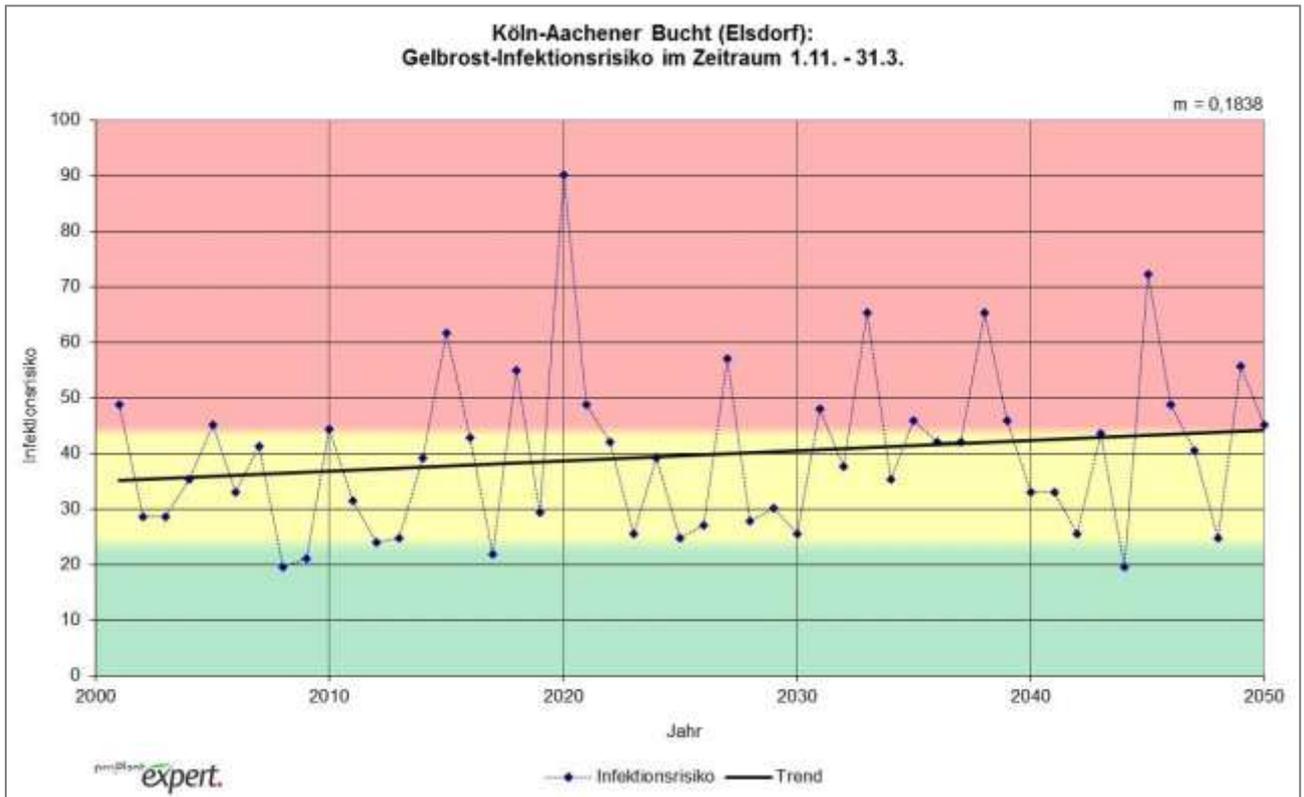


Abbildung 26

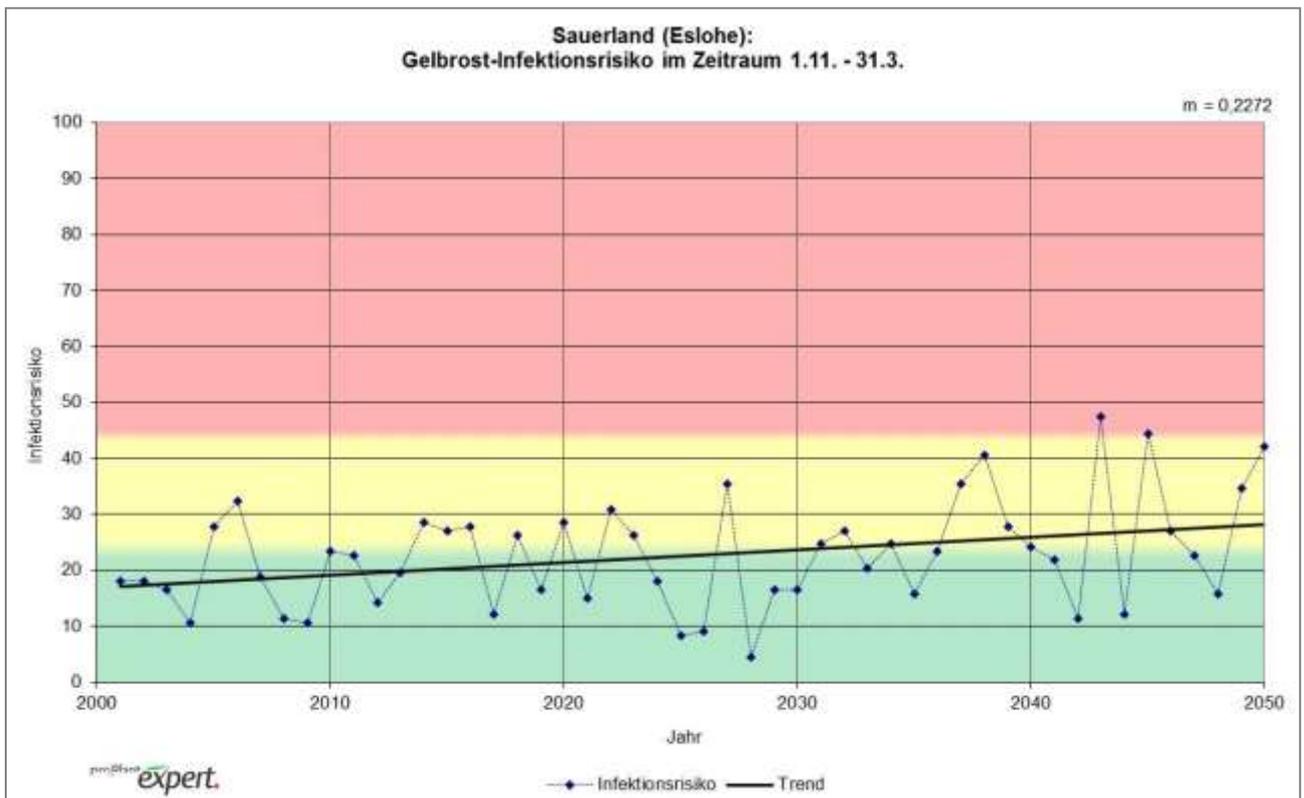


Abbildung 27

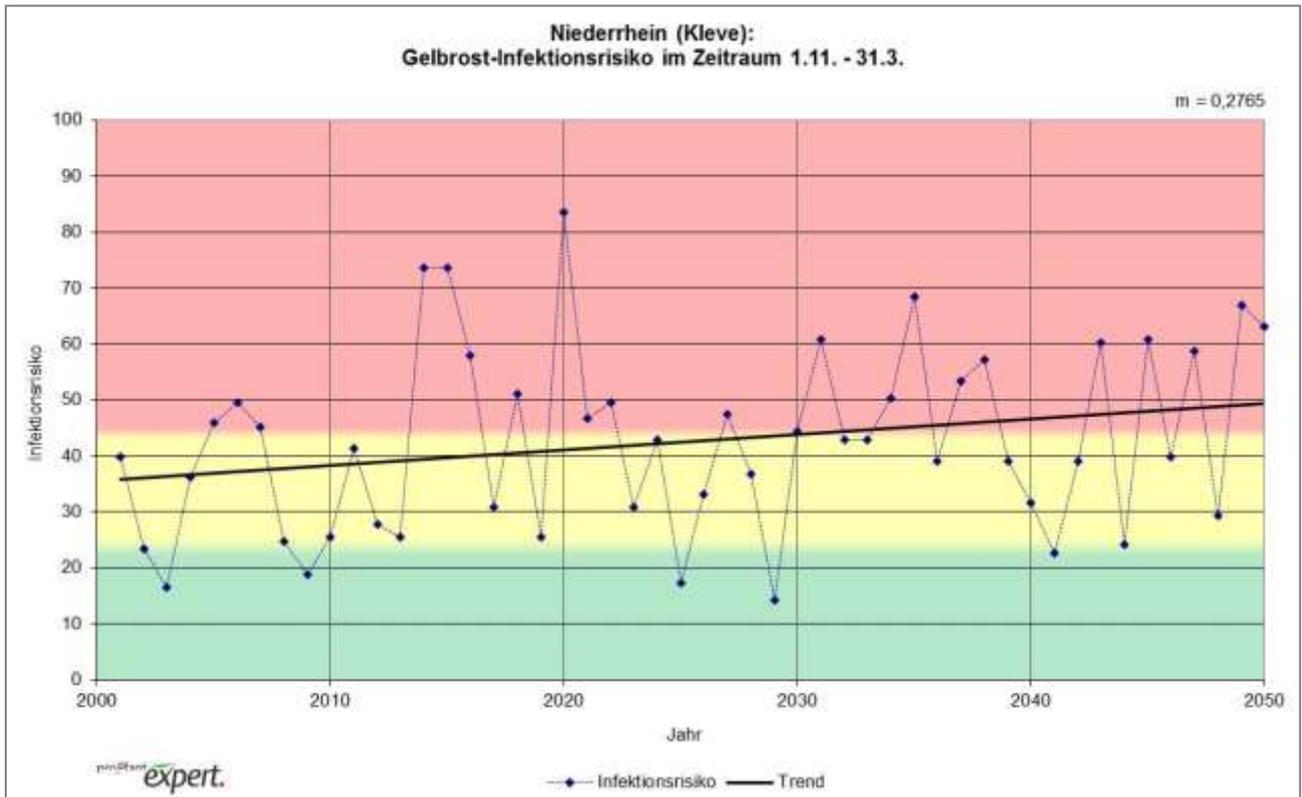


Abbildung 28

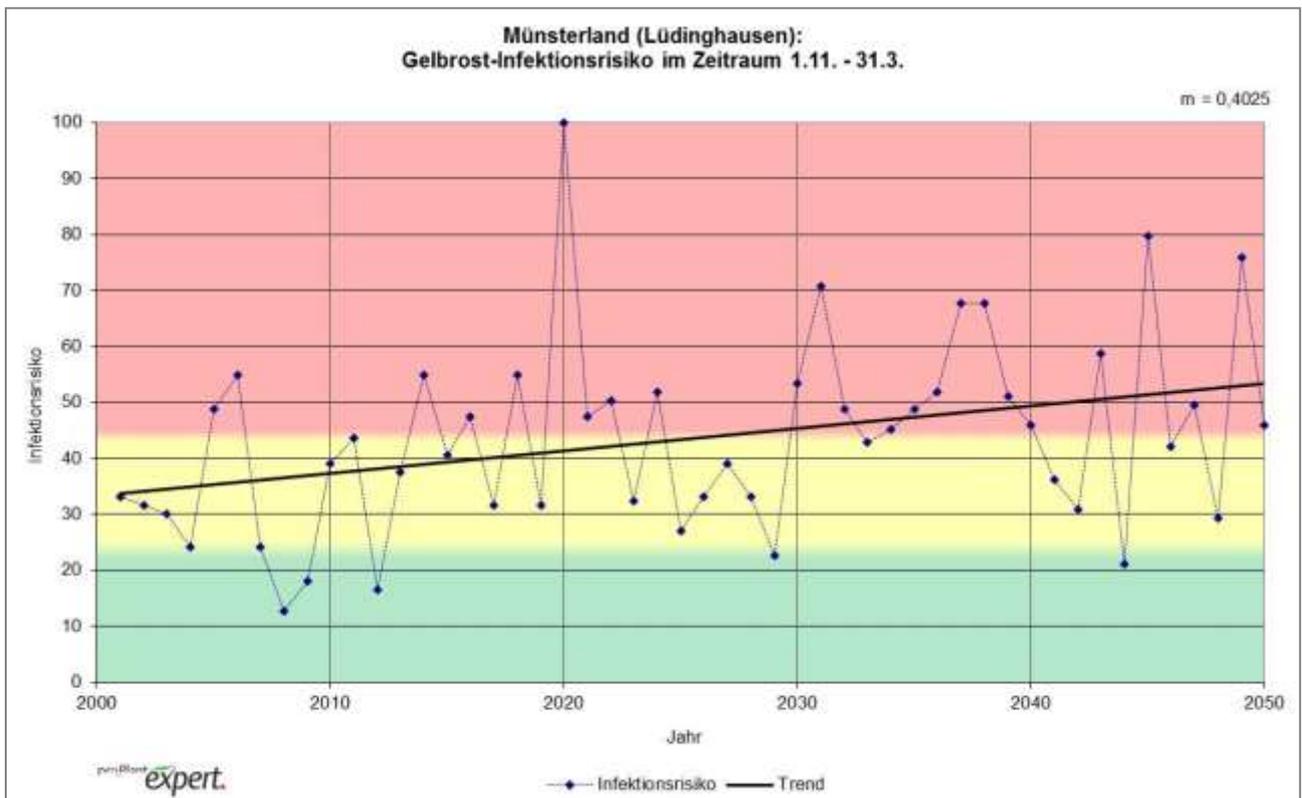


Abbildung 29

#### 4.1.5 Braunrost

<b>Bedeutung</b>	Der Braunrost ( <i>Puccinia triticina</i> ) tritt je nach Jahr, Region und angebauter Sorte sehr unterschiedlich auf. Häufig bekämpfungswürdiger Befall tritt z.B. in der Köln-Aachener Bucht auf, dagegen spielt der Pilz im Sauerland in vielen Jahren keine Rolle. Die Fungizidmaßnahmen in den Stadien ab EC 37 im Weizen kann sich in Befallsjahren an Braunrost orientieren, bei frühen Fungizidmaßnahmen in EC 30-32 ist der Befall in der Regel noch unbedeutend.
------------------	---

<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	<p>Der Braunrost benötigt hohe Temperaturen und Feuchtigkeit (Tau oder Niederschläge) für Infektionen.</p> <p>Untersucht wurden die Infektionsbedingungen im 5-Monats-Zeitraum 1.11. bis 31.3. Für diesen Zeitraum lagen bereits Auswertungs-Erfahrungswerte (= Schwellenwerte für die Kennzahl) aus früheren Jahren vor. Der 1. November ist ein Kompromiss zwischen sehr frühen Auflaufterminen (z.B. nach Raps im Sauerland) und sehr späten Auflaufterminen (z.B. nach Zuckerrüben in der Köln-Aachener Bucht). Die Infektionsbedingungen bis zum 31. März sind für den Befallsaufbau interessant.</p>
--	--

<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	<p>Für die drei Regionen Köln-Aachener Bucht, Niederrhein und Münsterland nimmt das Infektionsrisiko deutlich zu. In den drei Regionen Ostwestfalen, Übergangslagen Ostwestfalen und Sauerland ist eine geringere Zunahme des Infektionsrisikos zu erwarten.</p> <p>Für die drei Regionen Köln-Aachener Bucht, Niederrhein und Münsterland nehmen auch die Schwankungen zwischen den Jahren zu.</p> <p>Für die drei Regionen Köln-Aachener Bucht, Niederrhein und Münsterland wird auch in einzelnen Jahren ein für NRW neues Niveau erreicht werden.</p> <p>Im regionalen Vergleich verstärken sich die Unterschiede: Münsterland, Köln-Aachener Bucht und Niederrhein bleiben die Regionen mit dem höchsten Infektionsrisiko und die anderen drei Regionen bleiben die mit dem geringsten Infektionsrisiko.</p>
--	---

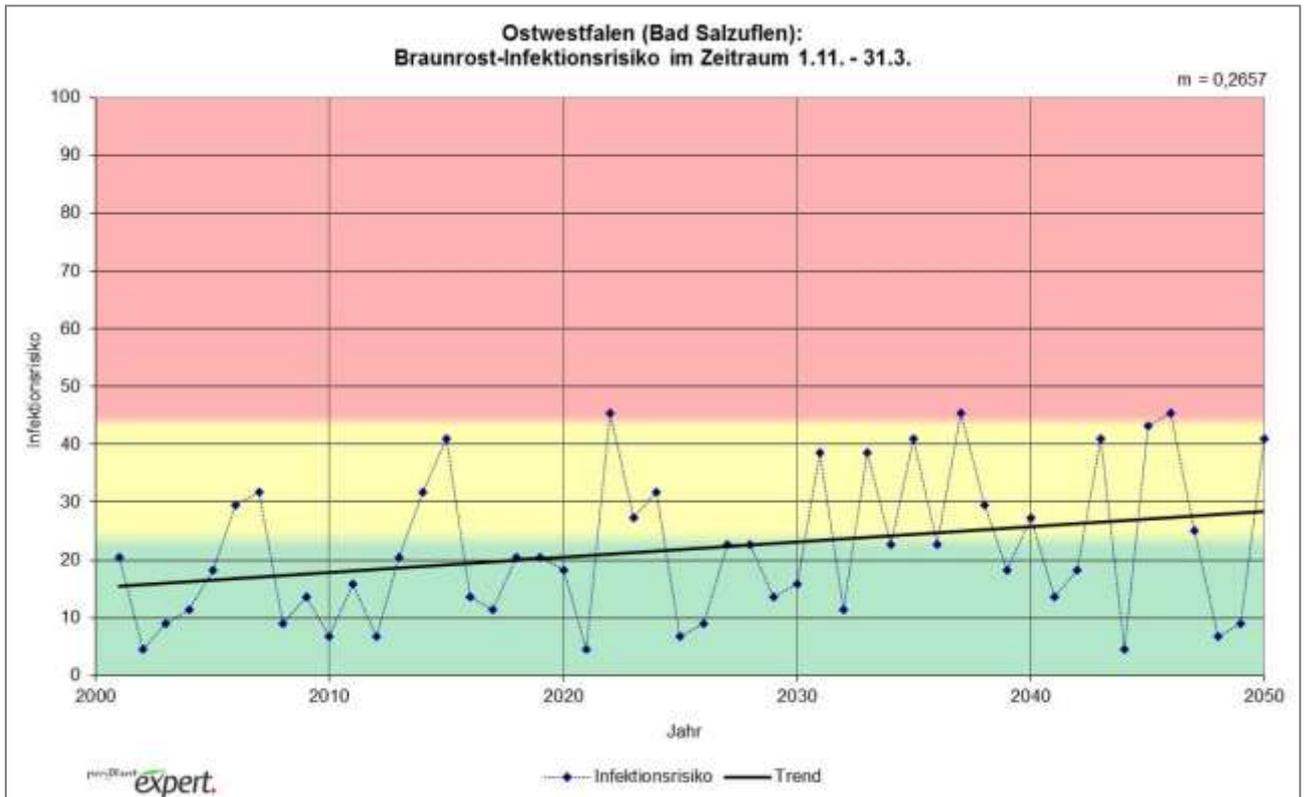


Abbildung 30

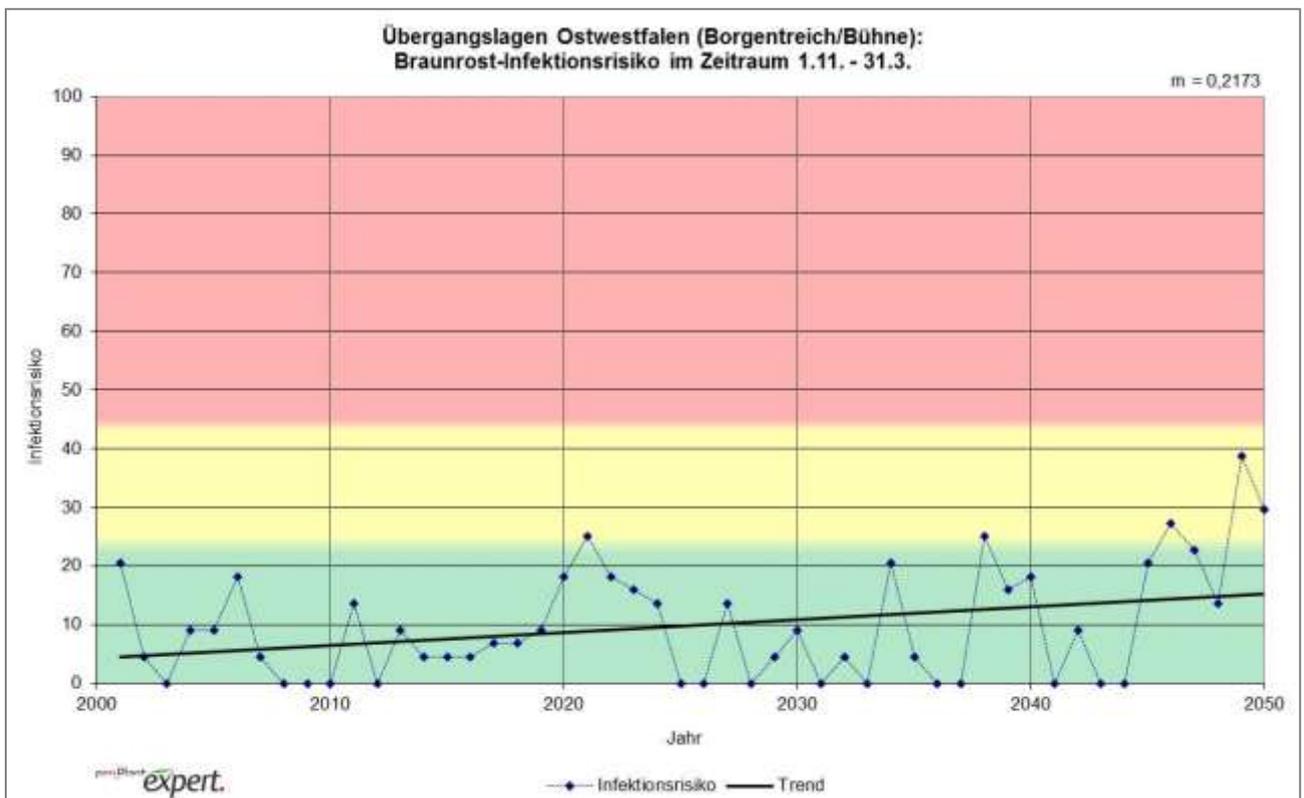


Abbildung 31

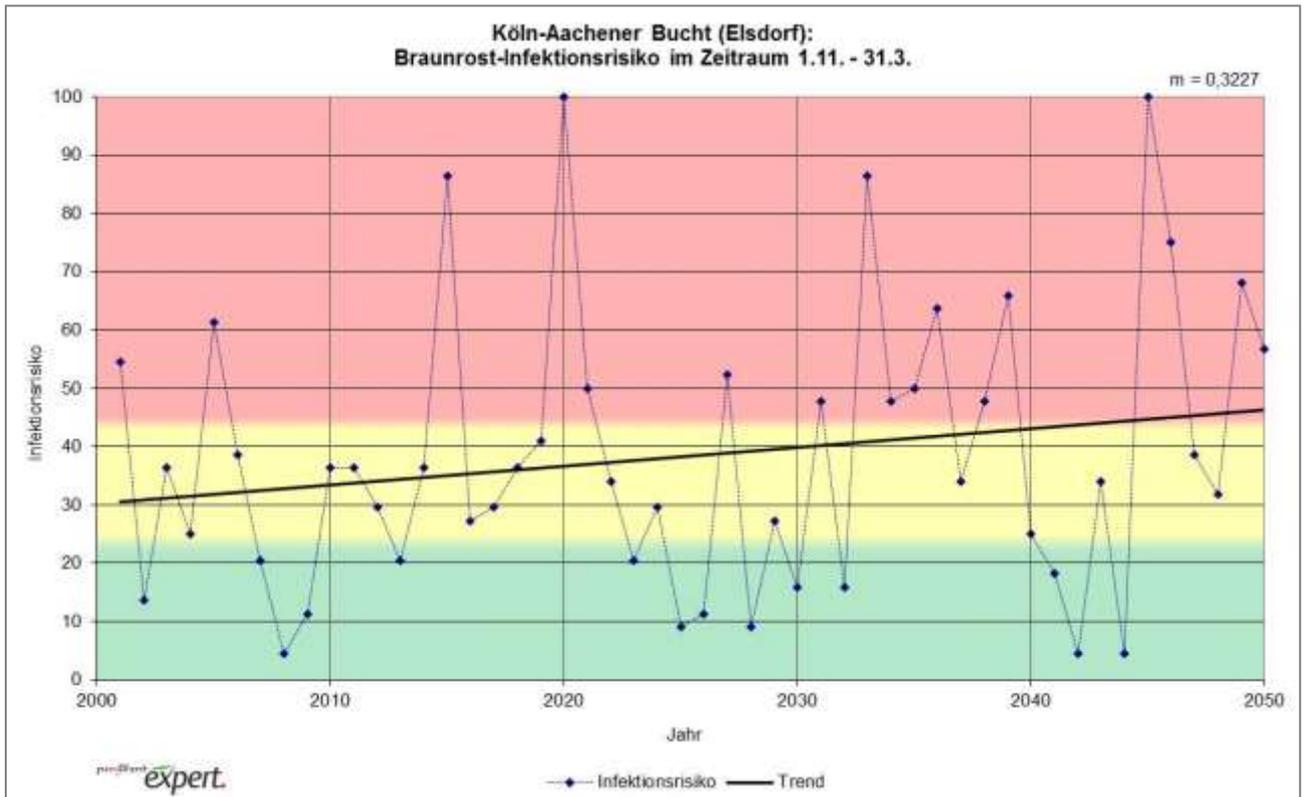


Abbildung 32

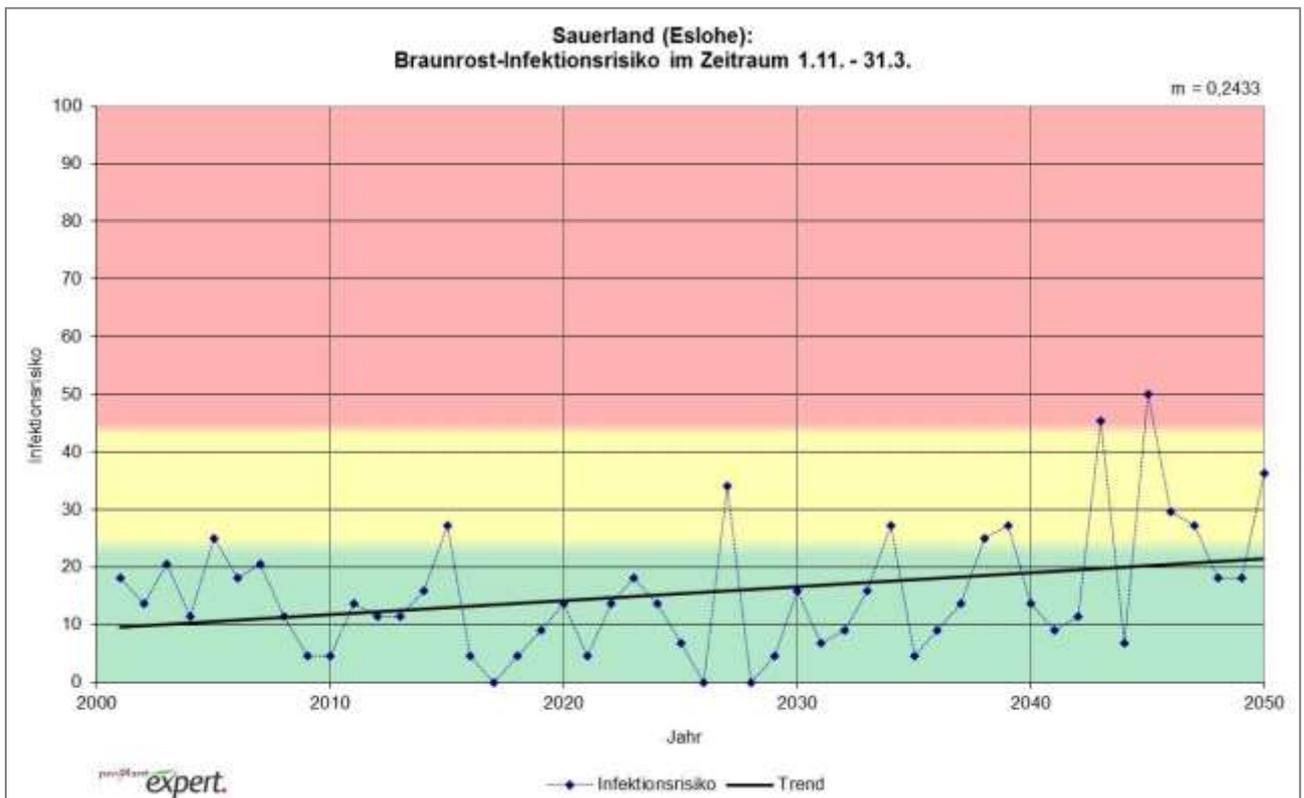


Abbildung 33

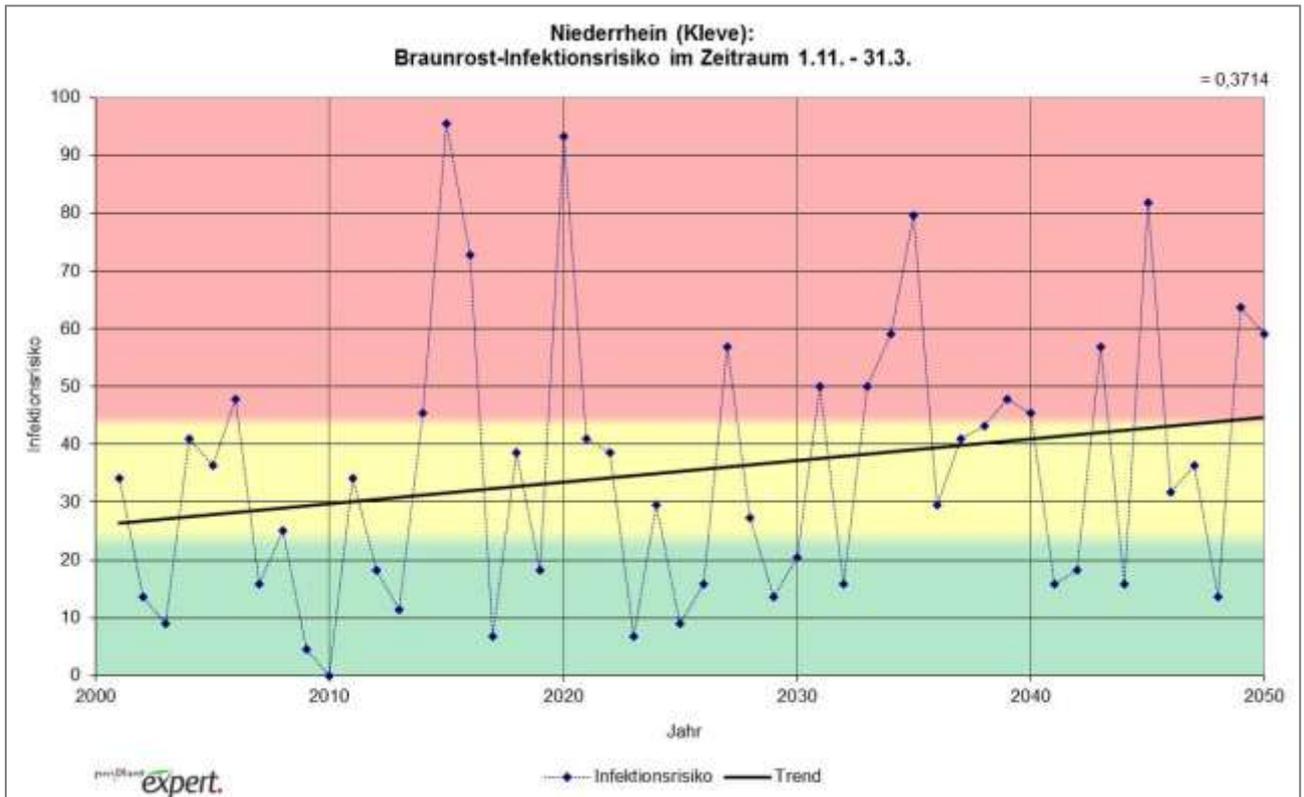


Abbildung 34

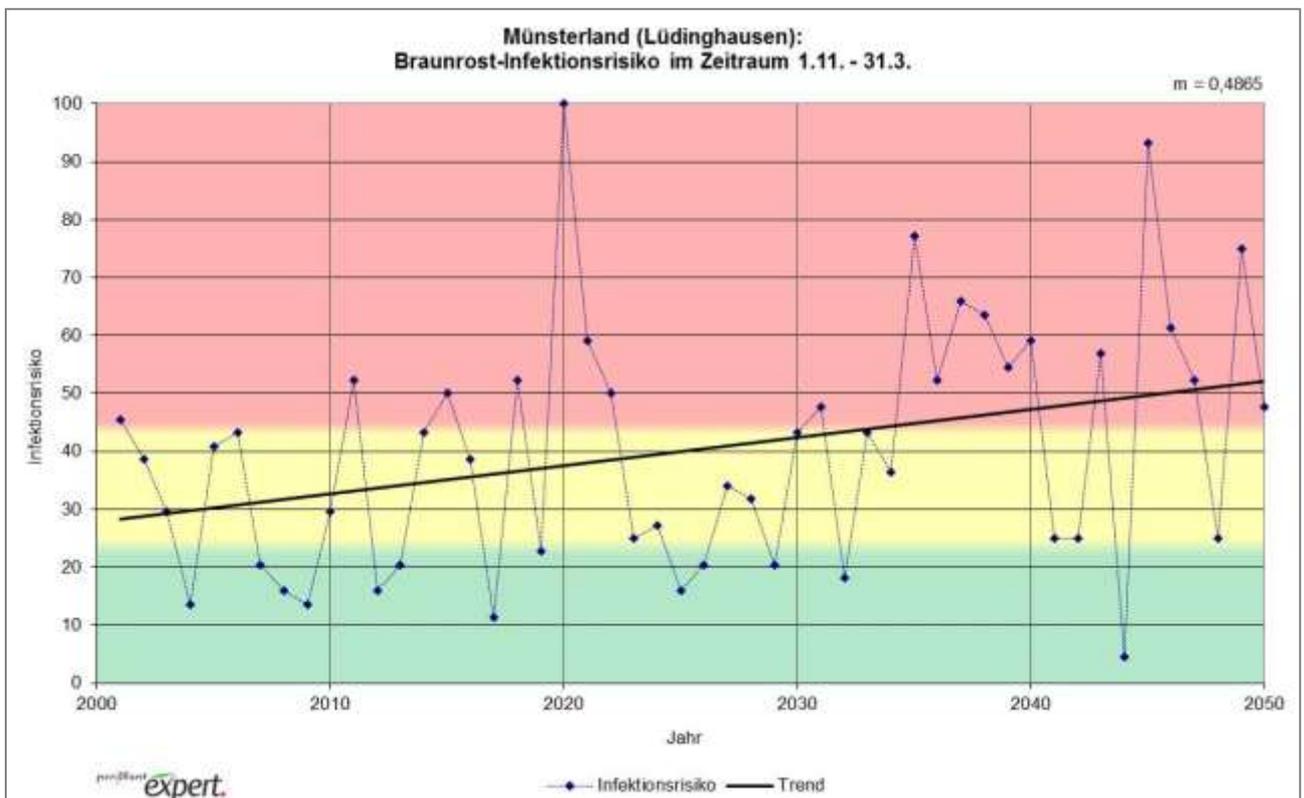


Abbildung 35

#### 4.1.6 DTR-Blattdürre

<b>Bedeutung</b>	Die Blattkrankheit <i>Drechslera tritici-repentis</i> (DTR) tritt nur in manchen Jahren bekämpfungswürdig und dann insbesondere in engen Weizen-Fruchtfolgen auf (z.B. pfluglos bestellter Stoppelweizen). Häufiger bekämpfungswürdiger Befall tritt z.B. in den beiden Regionen Ostwestfalen und Übergangslagen Ostwestfalen auf, dagegen spielt der Pilz im Sauerland in vielen Jahren keine Rolle. Von den in NRW je nach Jahr und Region praxisüblichen 1-3 Fungizidbehandlungen in Weizen können auf den wenigen typischen Befallsstandorten ein Teil oder alle an DTR orientiert sein.
<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	DTR benötigt hohe Temperaturen und Niederschläge für Infektionen, bei Trockenheit und in kühlen Phasen kann sich der Pilz nicht entwickeln. Untersucht wurden die Infektionsbedingungen im 3-Monats-Zeitraum 15.3. bis 15.6. In diesem Zeitraum erfolgen die Fungizidmaßnahmen gegen DTR.
<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	In allen 6 Regionen bleibt das Infektionsrisiko nahezu konstant. Im regionalen Vergleich bleibt die Köln-Aachener Bucht die Region mit dem höchsten Infektionsrisiko und die Übergangslagen Ostwestfalen die Region mit dem geringsten Infektionsrisiko.

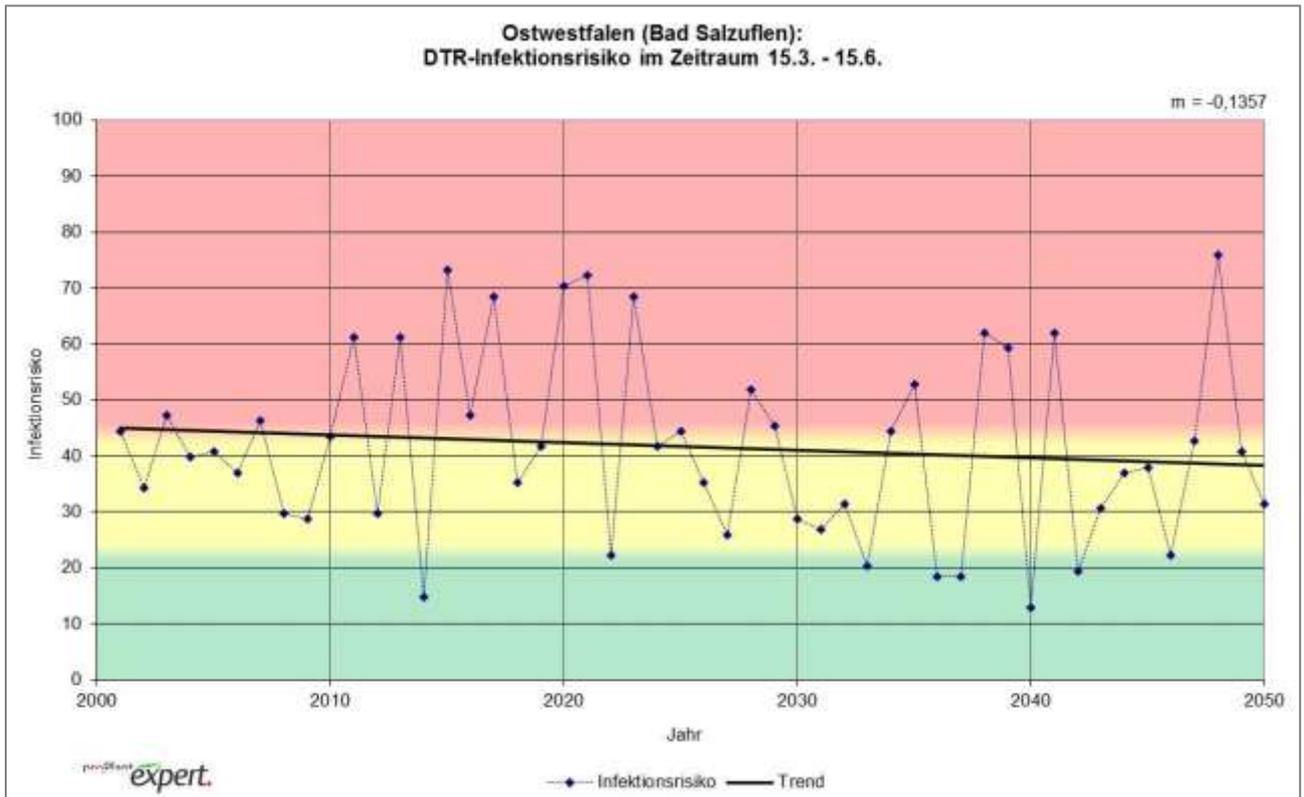


Abbildung 36

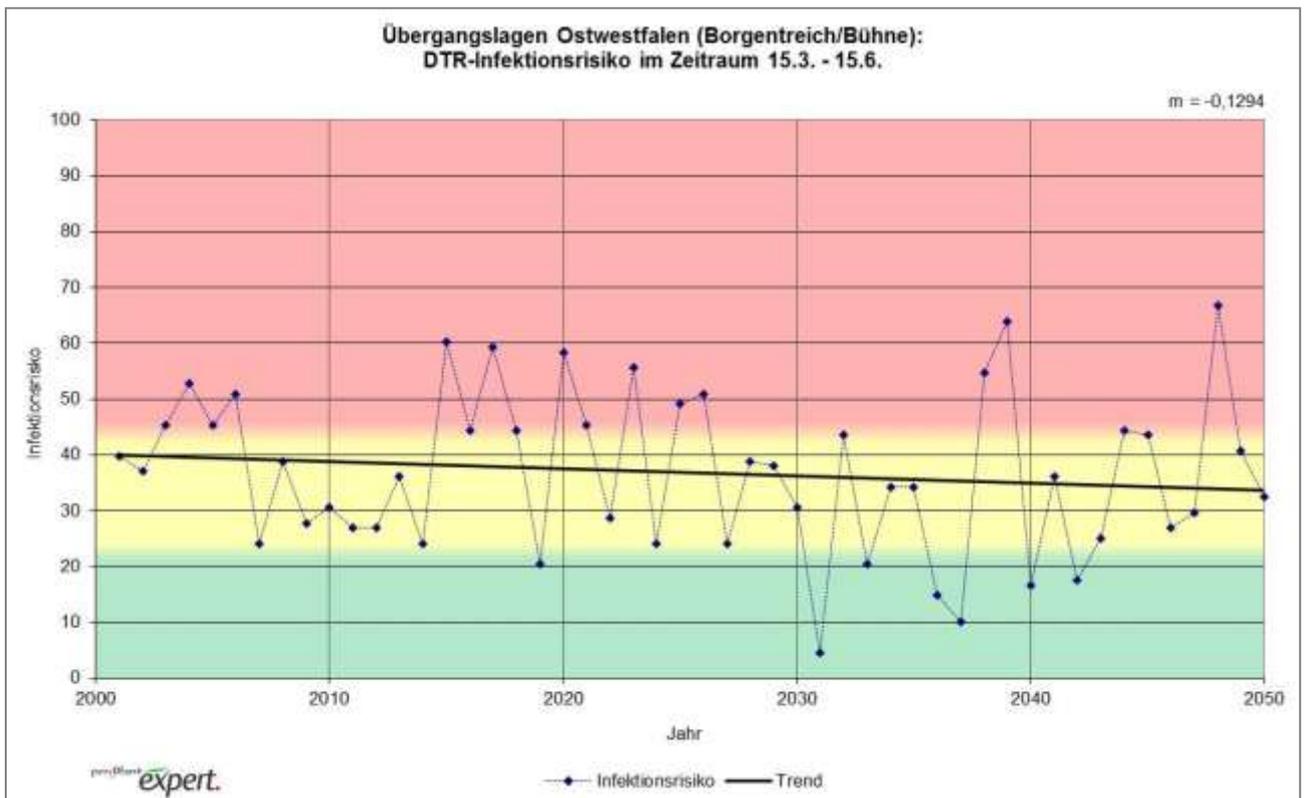


Abbildung 37

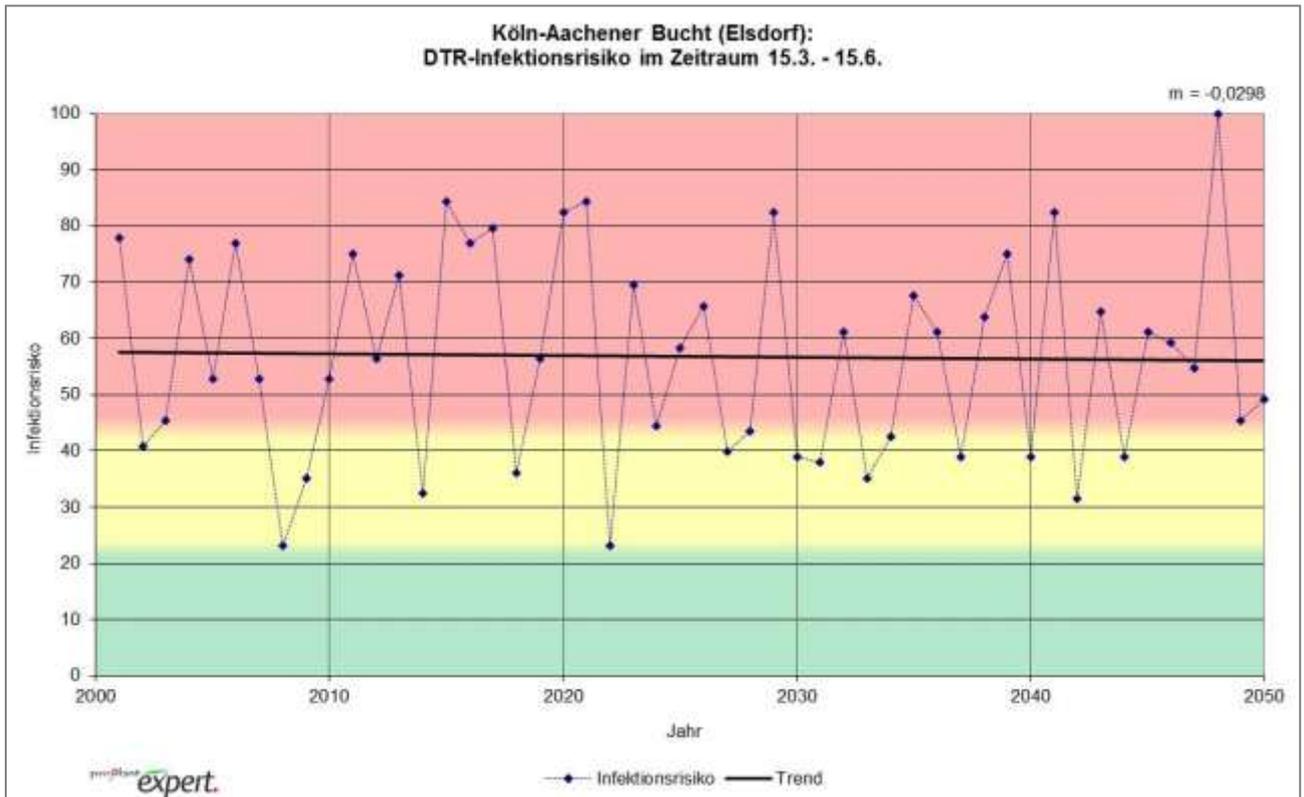


Abbildung 38

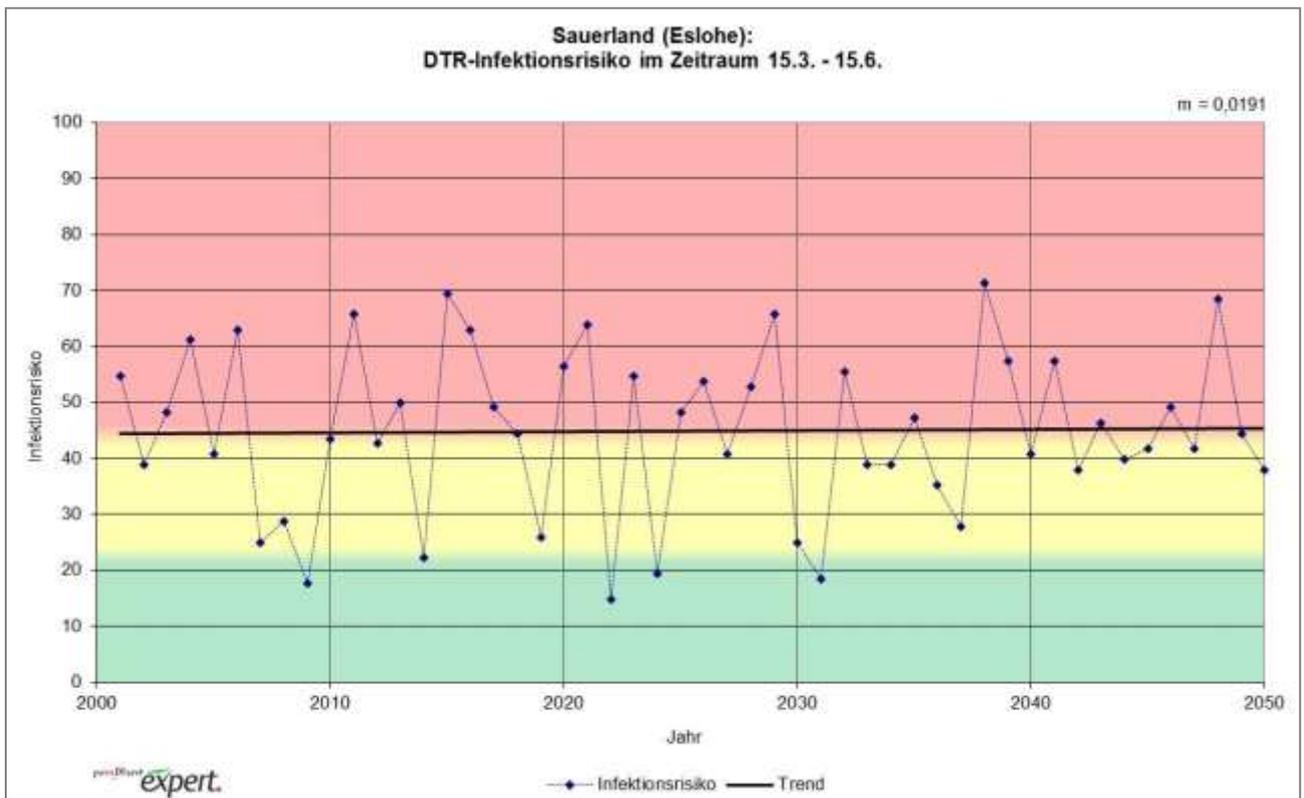


Abbildung 39

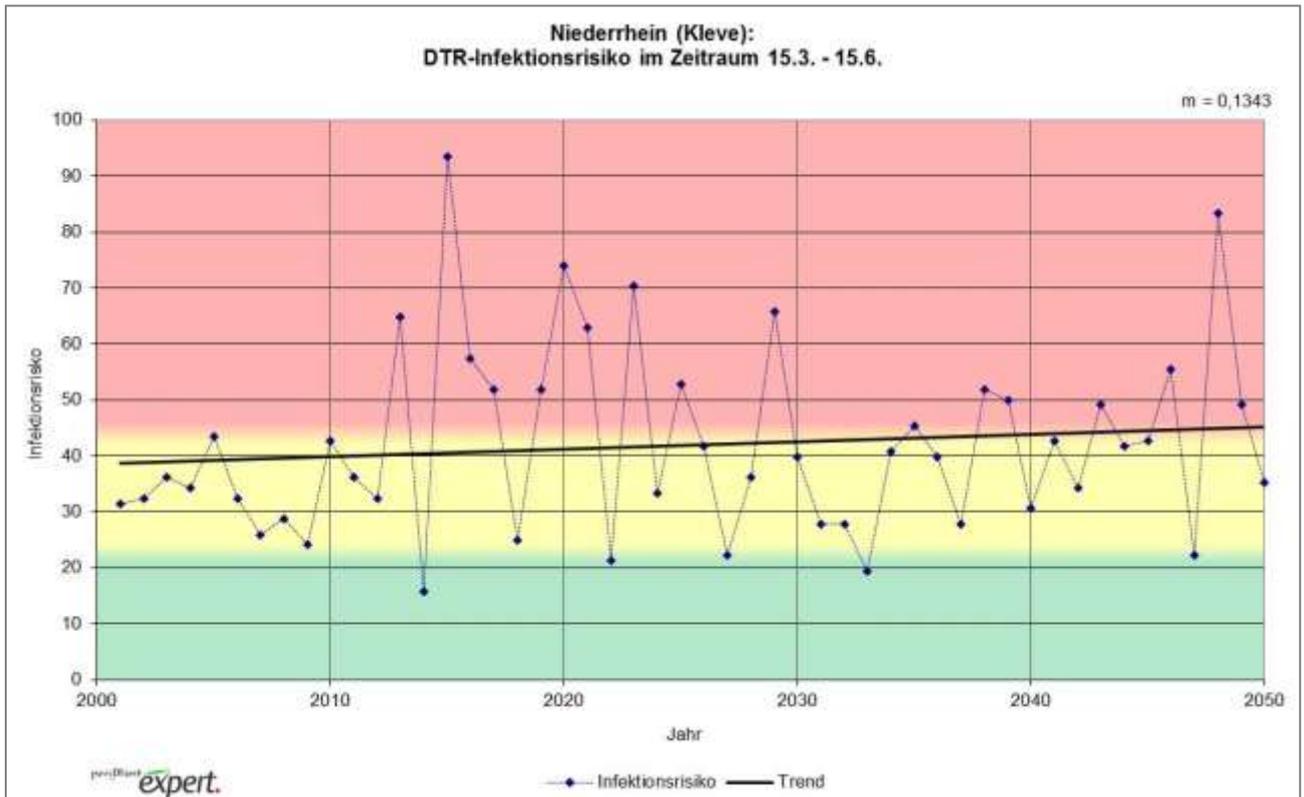


Abbildung 40

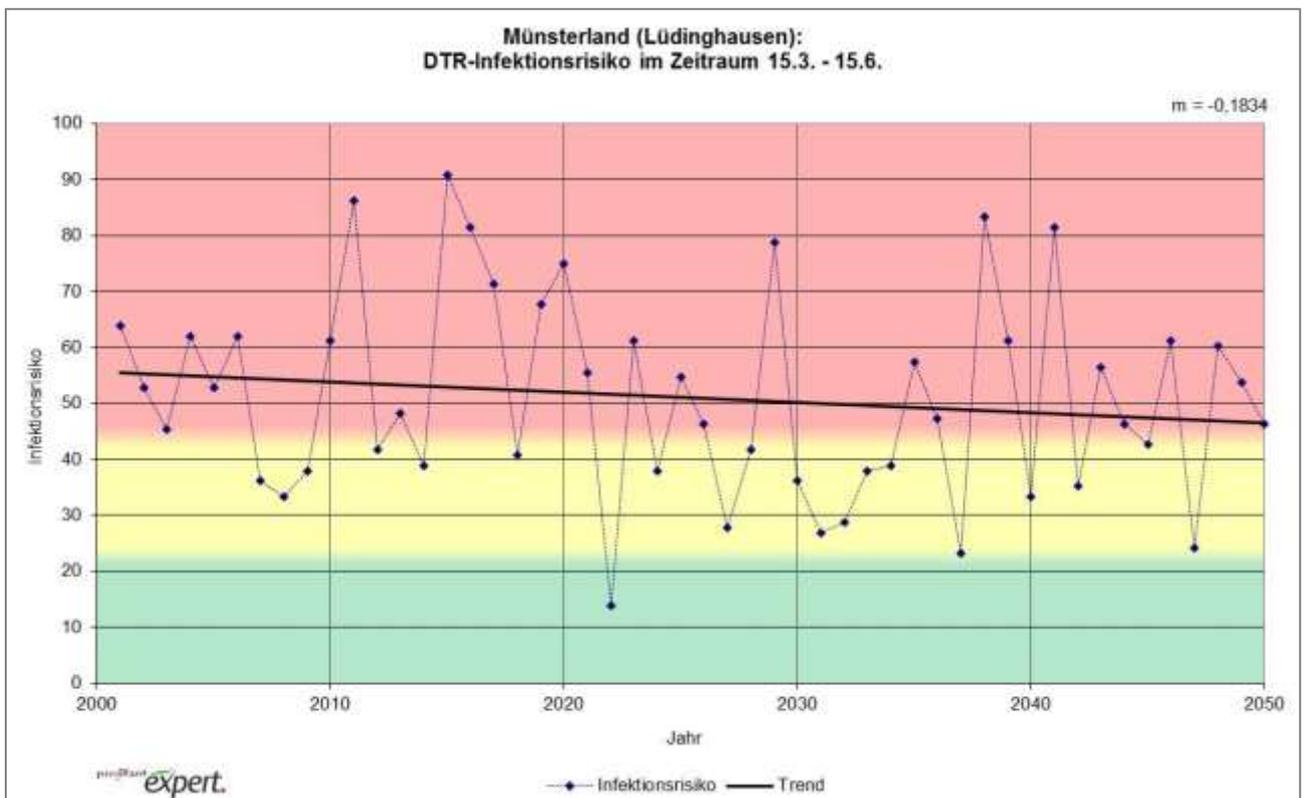


Abbildung 41

#### 4.1.7 Septoria nodorum

<b>Bedeutung</b>	Septoria nodorum ist seit vielen Jahren nicht mehr bekämpfungswürdig in NRW aufgetreten. Deshalb wurden zuletzt Fungizidmaßnahmen nicht mehr an diesem Pilz orientiert.
------------------	---

<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	<p>Septoria nodorum benötigt hohe Temperaturen und Niederschläge für Infektionen, bei Trockenheit und in kühlen Phasen kann sich der Pilz nicht entwickeln.</p> <p>Untersucht wurden die Infektionsbedingungen im 1,5-Monats-Zeitraum 1.4. bis 15.5. In diesem Zeitraum kann der Befallsaufbau von Septoria nodorum erfolgen.</p>
--	---

<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001–2050</b>	<p>Für die Regionen Köln–Aachener Bucht, Sauerland, Münsterland und Niederrhein sind die Schwankungen des Infektionsrisikos zwischen den einzelnen Jahren sehr groß.</p> <p>Für die zwei Regionen Ostwestfalen und Übergangslagen Ostwestfalen nimmt das Infektionsrisiko deutlich zu. In den anderen vier Regionen bleibt das Infektionsrisiko dagegen konstant.</p> <p>Im regionalen Vergleich gleicht sich das Infektionsrisiko der sechs Regionen auf einem mittleren Niveau an.</p>
--	--

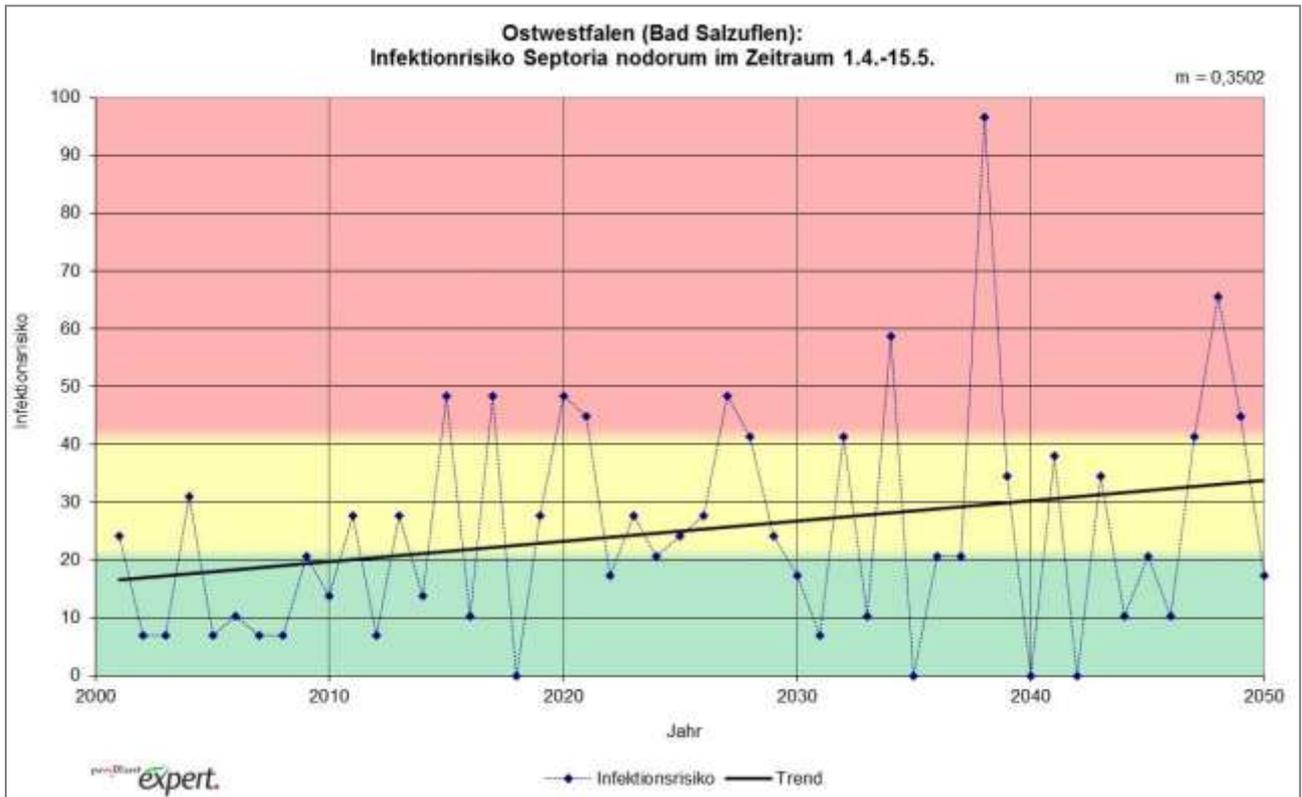


Abbildung 42

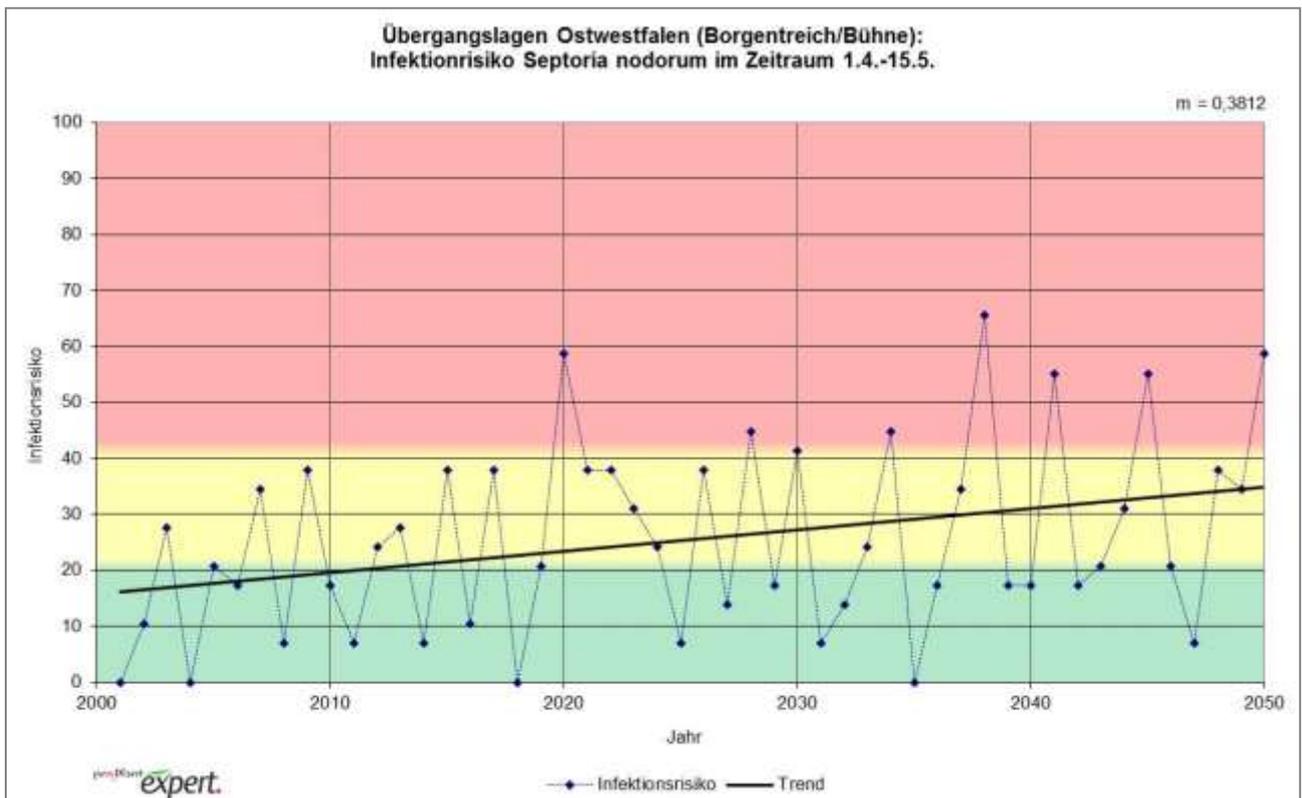


Abbildung 43

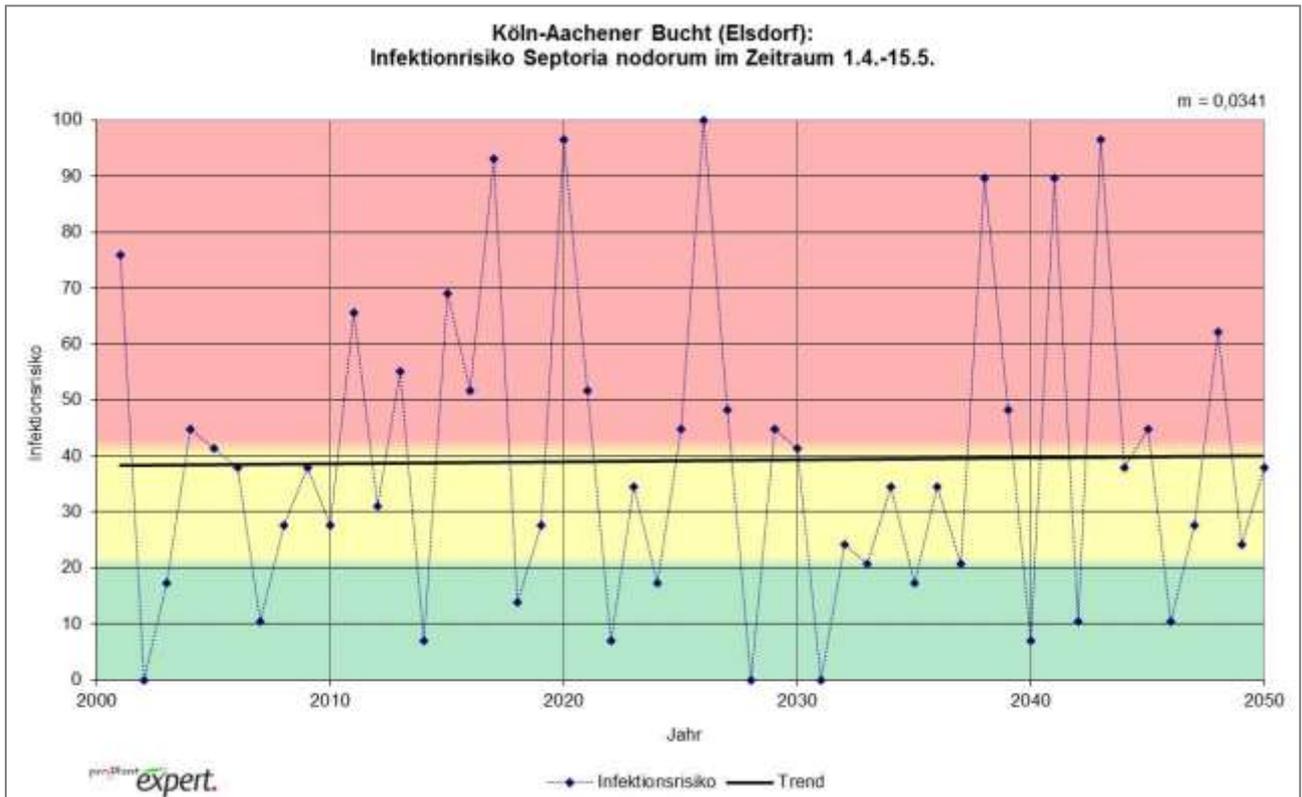


Abbildung 44

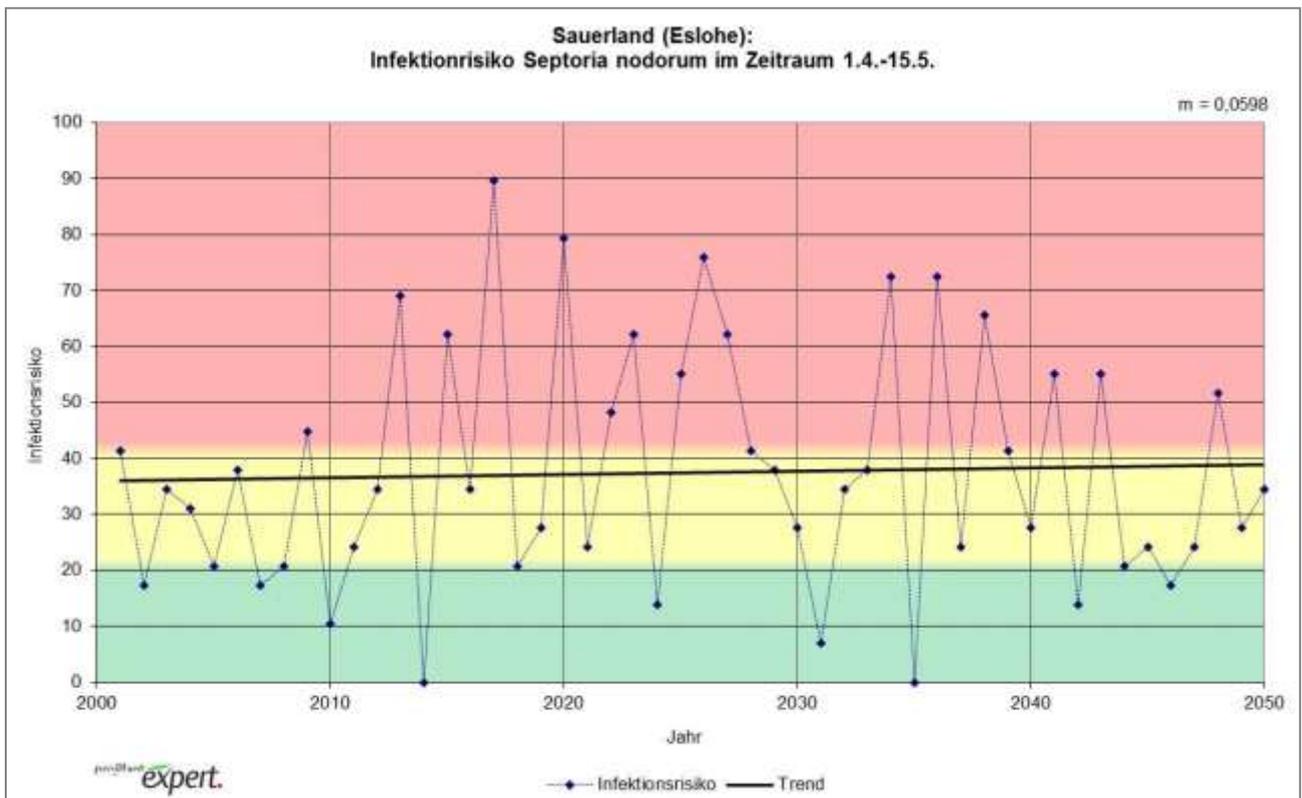


Abbildung 45

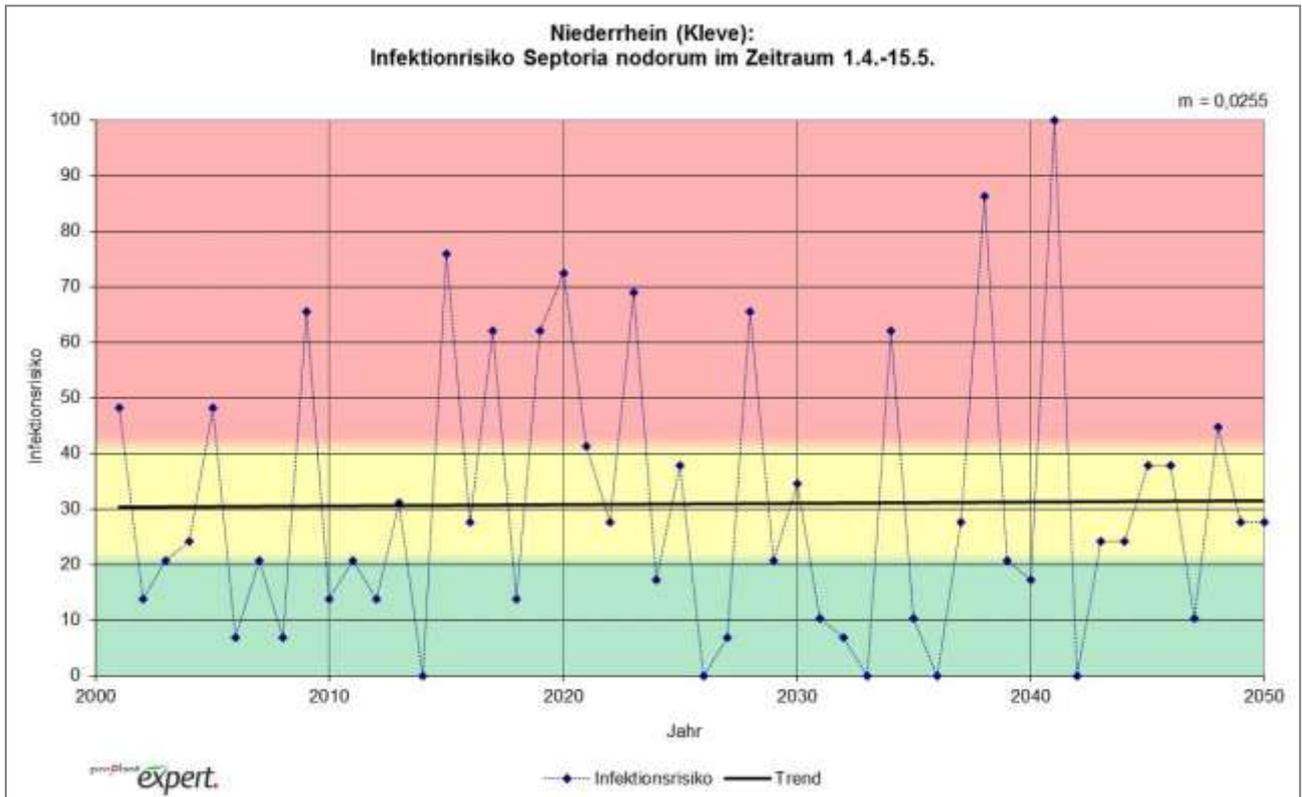


Abbildung 46

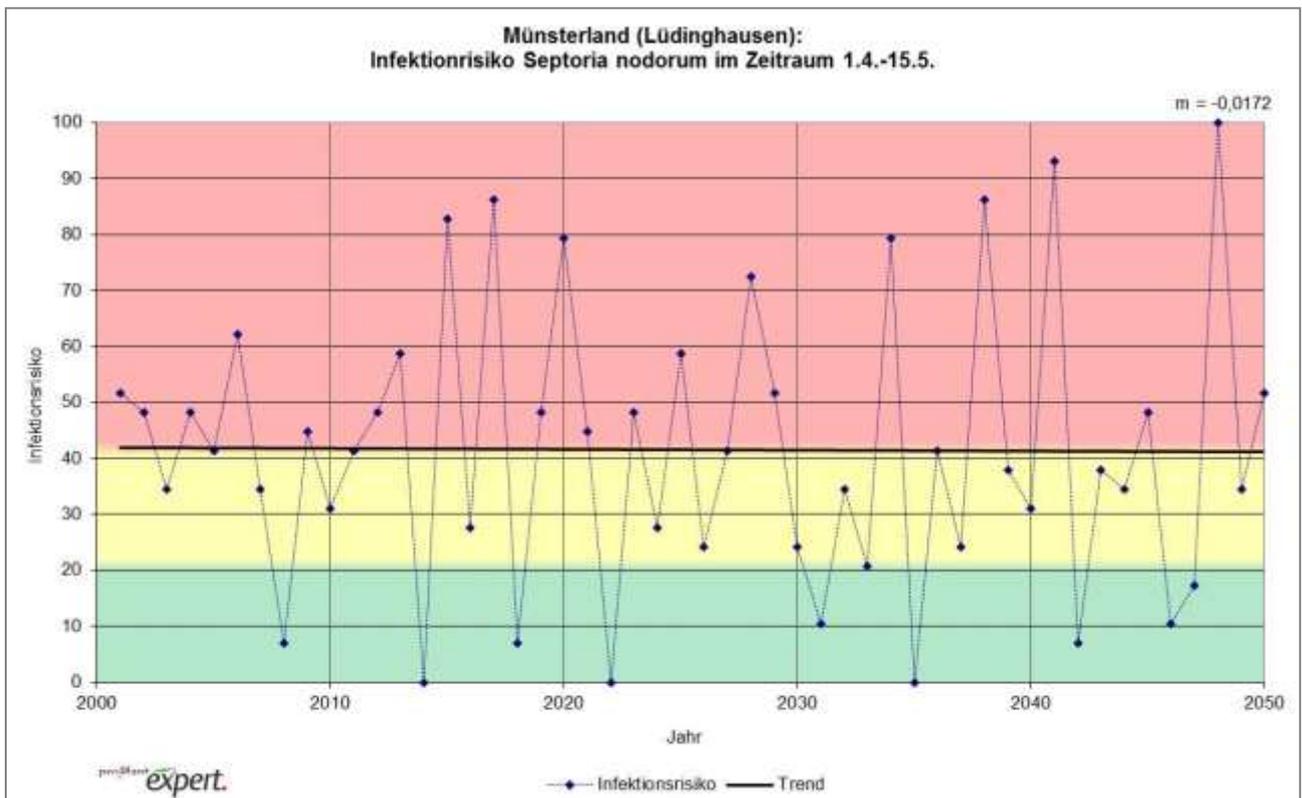


Abbildung 47

#### 4.1.8 Fusarium graminearum

<b>Bedeutung</b>	<p>Der Pilz <i>Fusarium graminearum</i> hat in den vergangenen Jahren in NRW an Bedeutung zugenommen. Zum einen wegen der EU-Höchstmengenverordnung für die Fusariumtoxine Deoxynivalenol (DON) und Zearalenin (ZEA). Zum anderen wegen des zunehmenden Mais-Anbaus (u.a. für immer mehr Biogas-Anlagen), denn nach Mais als Vorfrucht besteht ein besonders hohes Fusarium-Befallsrisiko. Die Epidemie geht von den befallenen Ernterückständen aus, deshalb ist pfluglos bestellter Weizen stärker gefährdet. Es gibt auch große Sortenunterschiede hinsichtlich der Anfälligkeit. Bei der Bekämpfung von <i>Fusarium</i> geht es also nicht nur um die Vermeidung von Ertragsverlusten durch den Befall der Ähren (partielle Taubähigkeit). Im Vordergrund steht die Verhinderung von zu hohen Mykotoxinwerten im Erntegut.</p> <p>Da <i>Fusarium graminearum</i> nur infizieren kann, wenn während der Blüte des Weizens spezielle Witterungsbedingungen gegeben sind, tritt Fusariumbefall von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich auf. Hinzu kommt, dass der Pilz auch nach der erfolgreichen Infektion während der Korneinlagerung feuchte Bedingungen benötigt, um das Wachstum fortzusetzen und Mykotoxine zu bilden (insbesondere bei langer Abreife).</p> <p>Eine typische Risiko-Region in NRW ist der Nordwesten (Münsterland) mit hohem Maisanteil in der Fruchtfolge. Aber auch andere Landesteile mit höheren Niederschlägen im Juni und Juli sind gefährdet (Ostwestfalen, Niederrhein). Im Rheinland dagegen ist es zur Abreife i.d.R. trockener, so dass sie schneller vonstattengeht. Unter kritischen Randbedingungen wird 1 späte Fungizidmaßnahme in den Entwicklungsstadien 61-69 gezielt gegen <i>Fusarium</i> (mit zusätzlichen Wirkungen auf andere Pilze wie z.B. Braunrost) von den Landwirten eingeplant.</p>
------------------	---

<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	<p><i>Fusarium graminearum</i> infiziert nur bei feuchter und warmer Witterung (über 18°C) zur Blüte. Ideal sind starke Gewitter an heißen Tagen mit Niederschlagsmengen über 5 mm (sog. Wärmegewitter).</p> <p>Untersucht wurden die Infektionsbedingungen in dem kurzen Zeitraum 1.6. bis 15.6., in dem erfahrungsgemäß in der Mehrzahl der Regionen die Weizenblüte und somit auch eine gezielte <i>Fusarium</i>-Behandlung (die nur wenige Tage wirkt) liegt.</p>
--	---

<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	<p>Für alle sechs Regionen sind die Schwankungen des Infektionsrisikos zwischen den einzelnen Jahren sehr groß, was aber keine neue Entwicklung ist.</p> <p>Für die drei Regionen Köln-Aachener Bucht, Sauerland und Niederrhein nimmt das Infektionsrisiko deutlich zu. In den Übergangslagen Ostwestfalen ist eine geringere Zunahme des Infektionsrisikos zu erwarten. In Ostwestfalen und im Münsterland bleibt das Infektionsrisiko dagegen konstant.</p> <p>Zum Ende des untersuchten Zeitraums liegt das Infektionsrisiko für alle sechs Regionen im Durchschnitt auf einem mittleren Niveau. Im Münsterland erreicht das Infektionsrisiko über den gesamten Prognosezeitraum häufiger als in den anderen Regionen hohe Werte.</p>
--	---

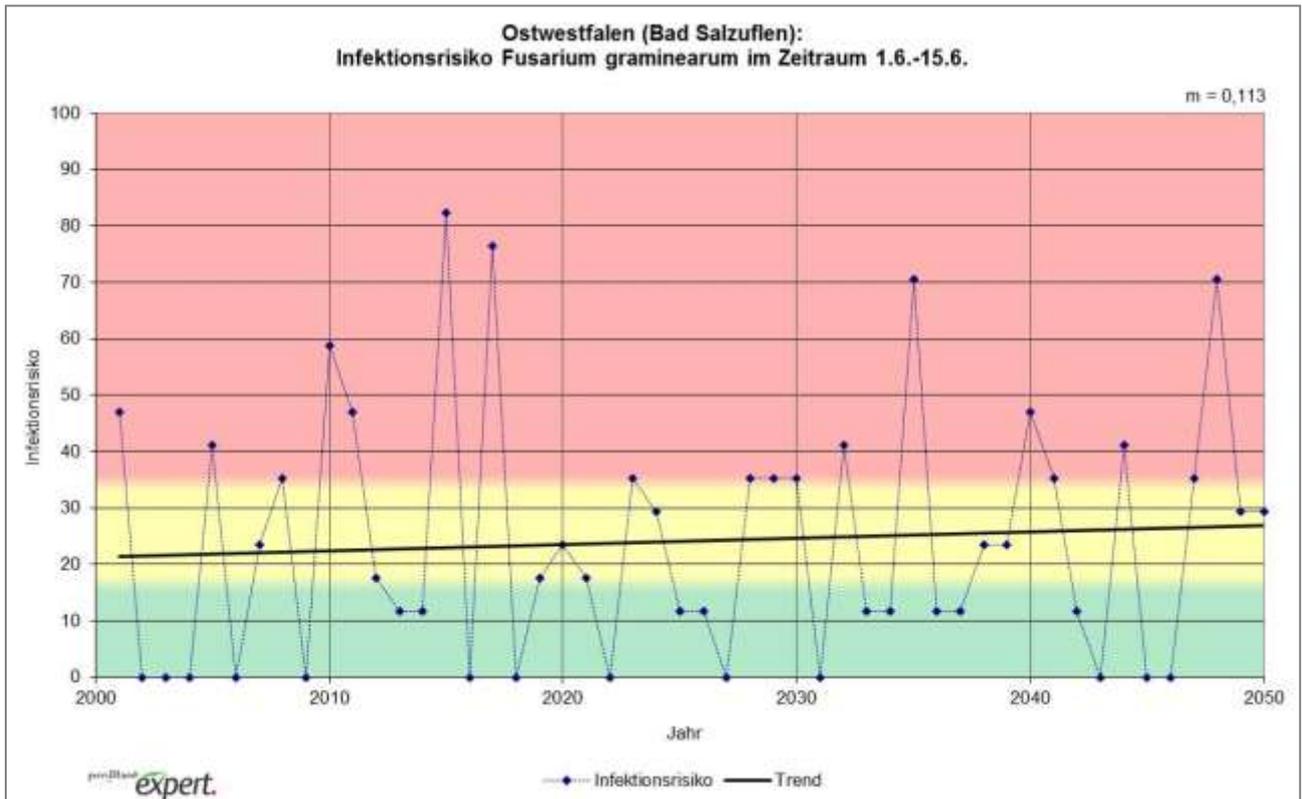


Abbildung 48

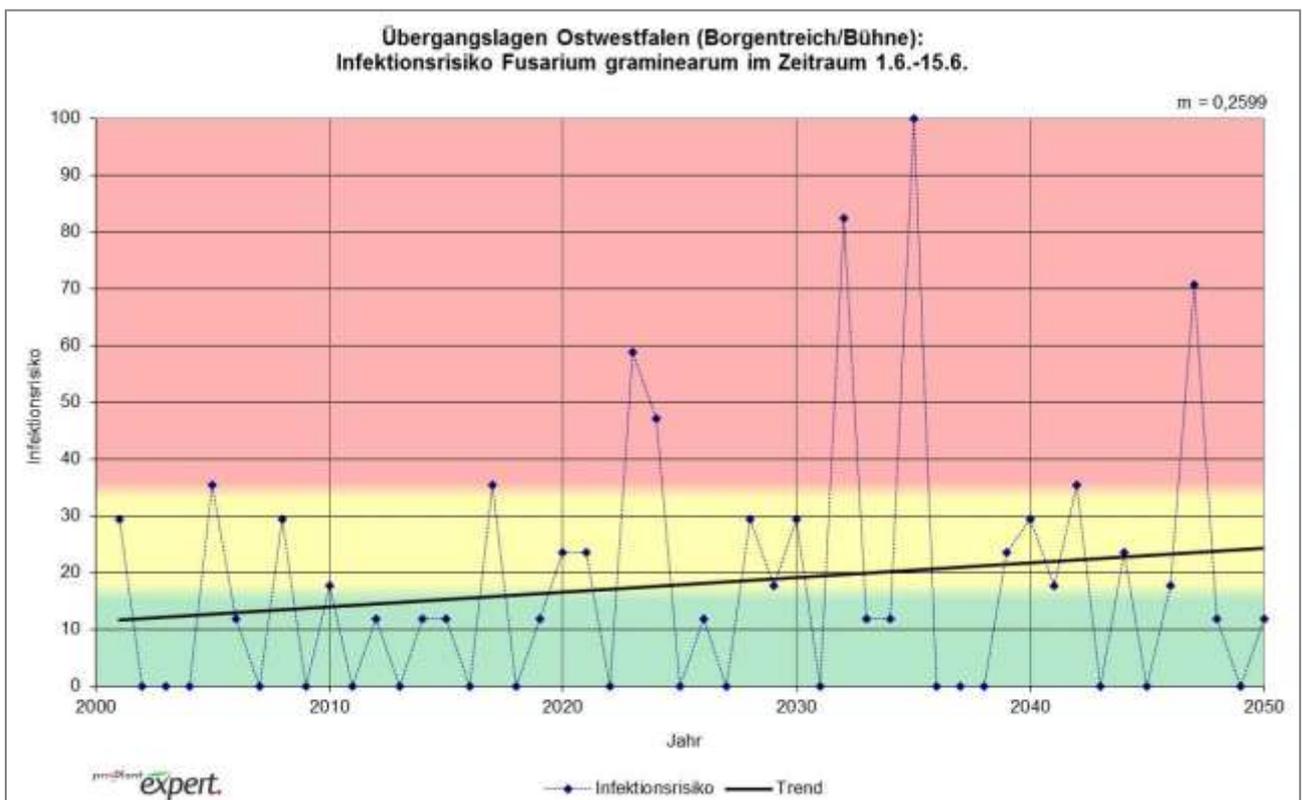


Abbildung 49

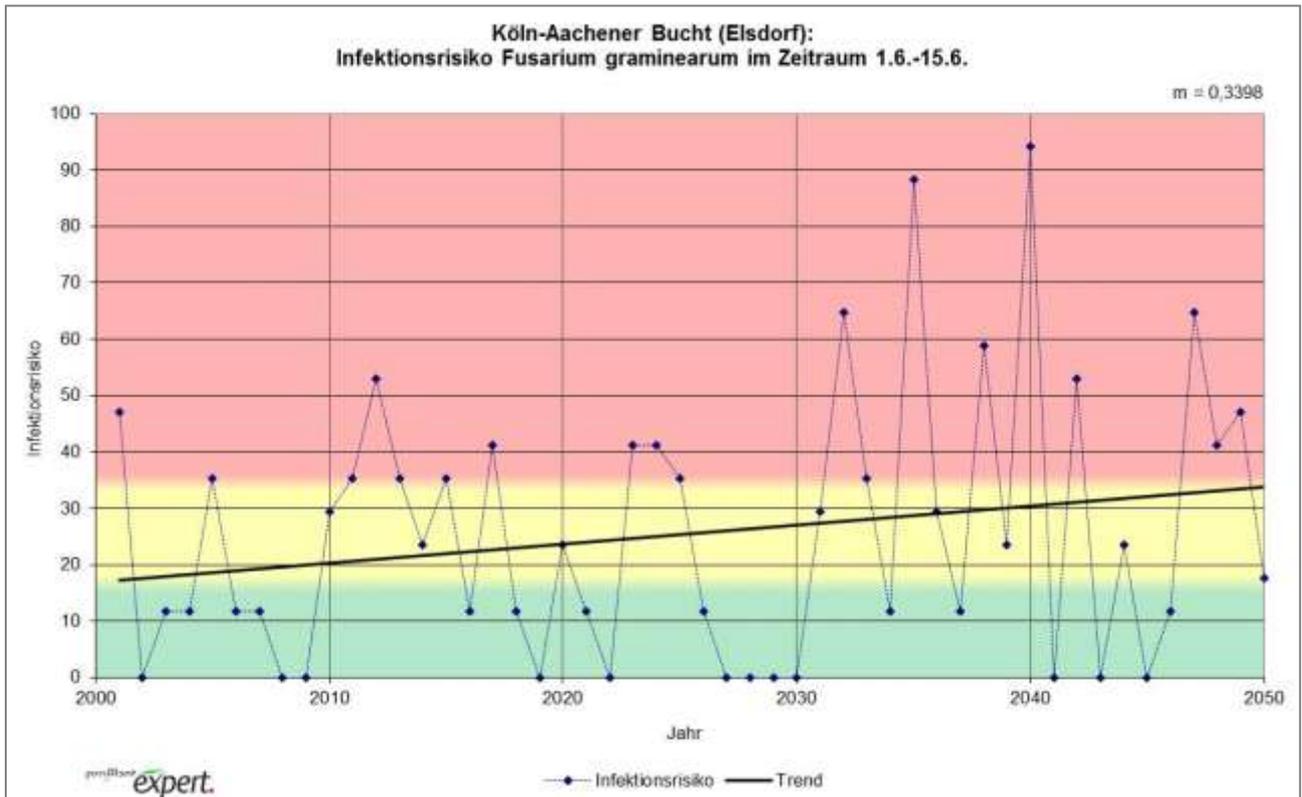


Abbildung 50

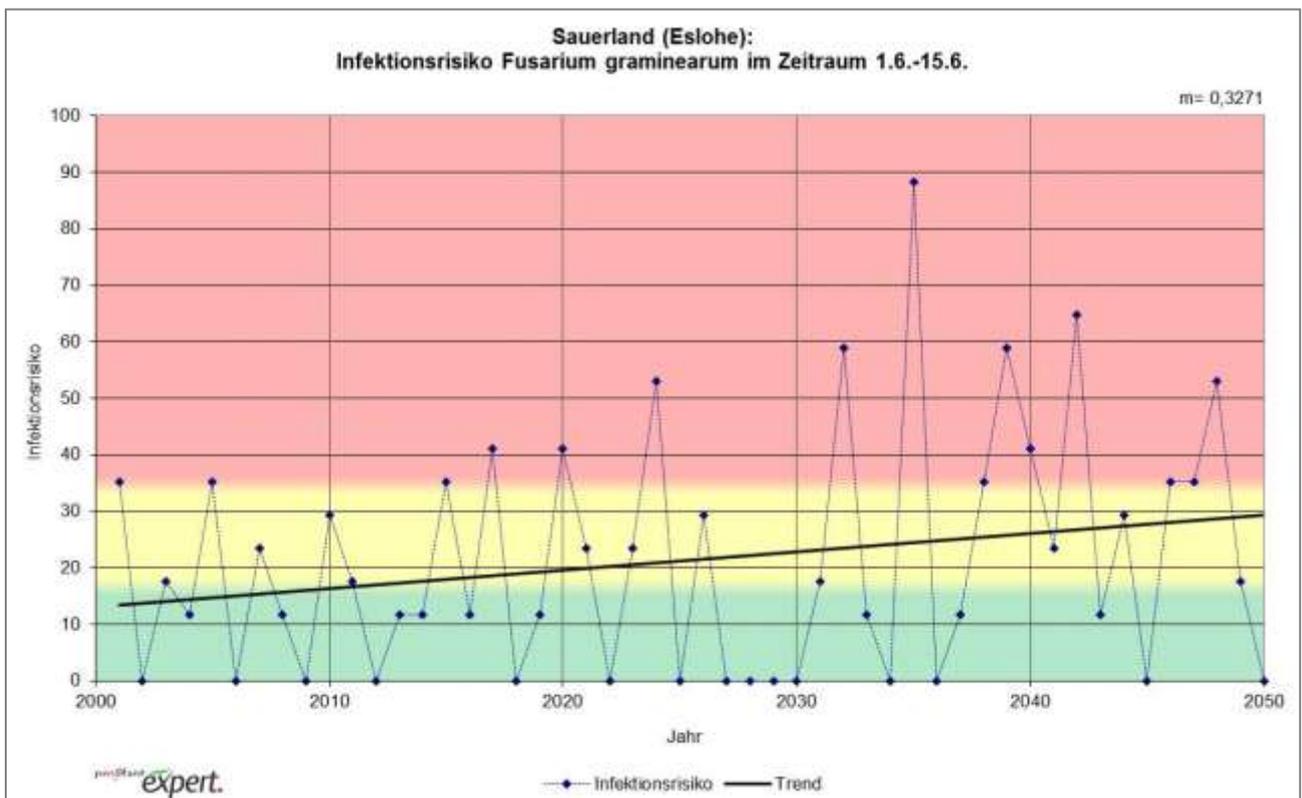


Abbildung 51

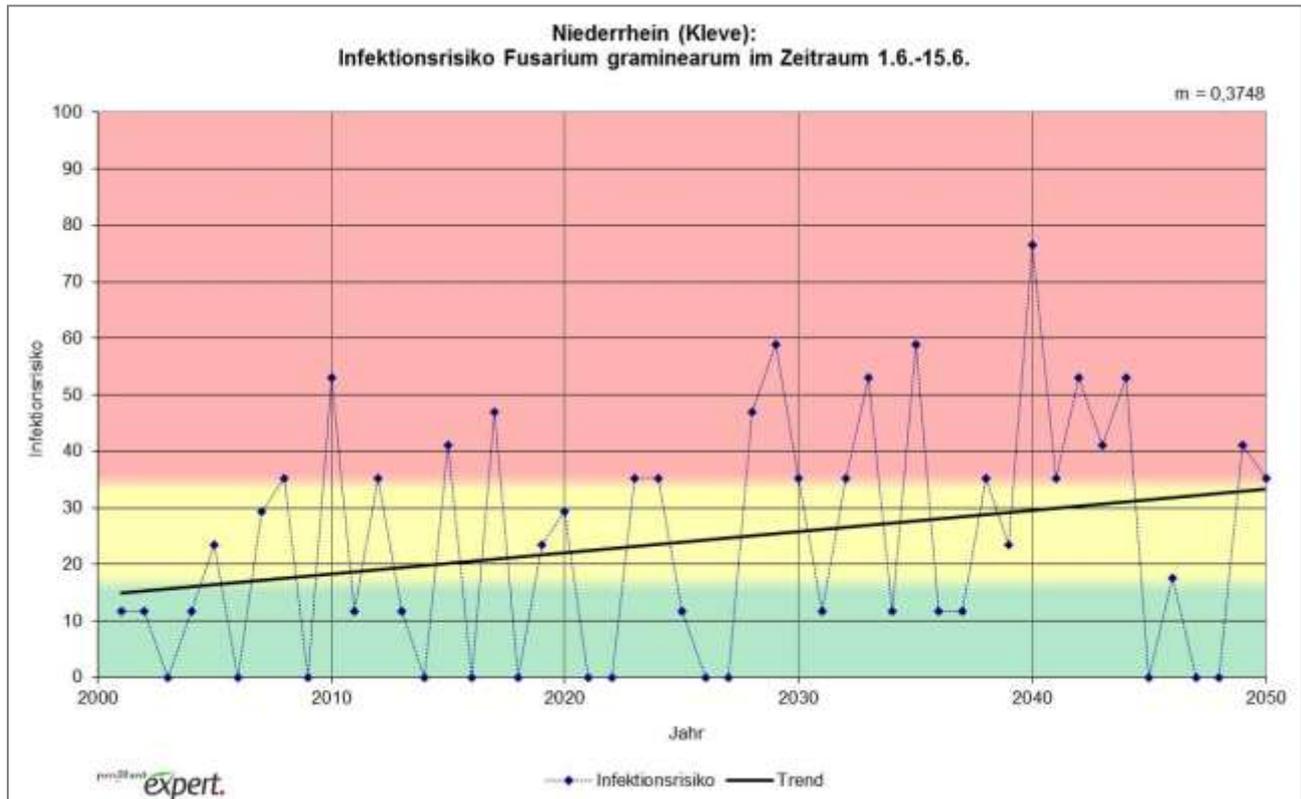


Abbildung 52

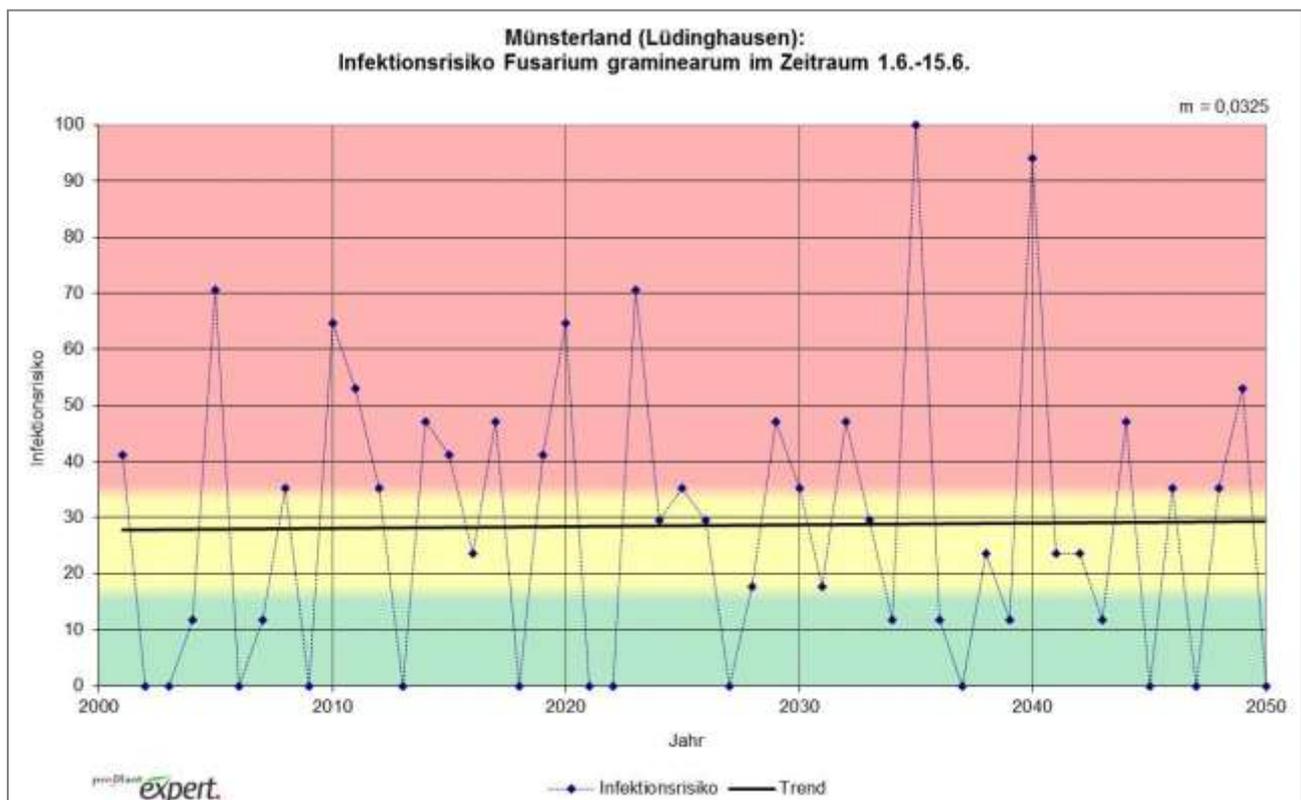


Abbildung 53

#### 4.1.9 Fazit Winterweizen

Das Auftreten von Pilzkrankheiten im Weizen und ihre Ertragswirksamkeit hängen in starkem Maße davon ab, ob die Witterungsbedingungen den Aufbau und den Fortschritt einer Epidemie ermöglichen. Unter Praxisbedingungen treten meistens mehrere Krankheitserreger gleichzeitig auf. Weit verbreitet sind Septoria-Blattdürre und Braunrost aktuell die wichtigsten Weizenkrankheiten in NRW.

Bei den acht untersuchten Pilzkrankheiten wurden im Rahmen dieser Studie unterschiedliche Zeiträume im Jahr analysiert (Tabelle 5, Kapitel 3.4, Seite 14). Für Halmbruch und *Fusarium graminearum* beschreiben die ausgewählten Kennzahlen den gesamten für die Befallsentwicklung interessanten Zeitraum. Für die anderen sechs Pilze wurde jeweils lediglich ein zeitlicher Ausschnitt betrachtet. Unterscheiden kann man dabei prinzipiell zwischen Herbst/Winter bzw. Frühjahr.

Für Septoria-Blattdürre, Mehltau und die Roste wurden Winterzeiträume für die Klimawandel-Studie gewählt. Die Infektionsbedingungen über Winter können großen Einfluss auf den Befall und die Ertragsrelevanz haben. Außerdem wurde für diese Perioden im Rahmen des Klimawandels ein Anstieg des Infektionsrisikos und damit des Ausgangsinokulums aufgrund wärmerer und feuchterer Winter erwartet.

Bei Erregern, die sich aufgrund höherer Temperatursprüche später im Frühjahr aufbauen, wurden Perioden im Frühjahr untersucht (DTR, *Septoria nodorum*).

Am eindeutigsten ist der Trend für die *Septoria tritici*-Kennzahl mit einem Anstieg in allen 6 Regionen. Auch für andere Erreger-Kennzahlen ist ein zunehmendes Risiko zu erwarten (Braunrost, Mehltau, *Fusarium graminearum*). Für die Halmbruch-Kennzahl und die DTR-Kennzahl wurden einheitlich in allen sechs Regionen keinerlei Trends ermittelt. Für keine der acht Kennzahlen wurde ein abnehmendes Risiko hergeleitet.

## 4.2 Zuckerrüben

### 4.2.1 Cercospora-Blattflecken

<b>Bedeutung</b>	Cercospora ( <i>Cercospora beticola</i> ) ist die dominierende Blattkrankheit, gegen die je nach Jahr und Region 0-2 Fungizidbehandlungen durchgeführt werden, durchschnittlich gesehen 1 Fungizidbehandlung. Die erste Behandlung wurde in frühen Befallsjahren bereits Ende Juni durchgeführt, in späten Befallsjahren erst im August. Die Köln-Aachener Bucht ist die Region mit der mit Abstand größten Bedeutung der Cercospora.
<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	Cercospora benötigt für die Infektion Niederschläge oder sehr hohe relative Luftfeuchte sowie hohe Temperaturen. Die Analyse bezieht sich auf den 3-Monats-Zeitraum April – Juni und damit auf die Frage, ob ein früher Befallsaufbau möglich erscheint.
<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	Für die Region Köln-Aachener Bucht nimmt das Infektionsrisiko deutlich zu. Jahre mit hohem Infektionsrisiko werden häufiger, Jahre mit geringem Infektionsrisiko seltener. Für diese Region wird in einzelnen Befallsjahren ein neues Niveau erreicht werden und diese Befallsjahre können bereits in der nächsten Dekade liegen. Für diese Region sind zum einen häufiger frühe Fungizideinsätze und zum anderen frühere Fungizideinsätze als bislang üblich zu erwarten. Es handelt sich dabei um die Region mit dem aktuell mit Abstand größten prozentualen Anbauflächenanteil der Zuckerrübe.  In allen anderen 5 Regionen bleibt das Infektionsrisiko nahezu konstant. In einzelnen Jahren kann auch hier das Infektionsrisiko hoch sein (Ostwestfalen, Niederrhein, Münsterland).  Im regionalen Vergleich bleiben die Köln-Aachener Bucht die Region mit dem höchsten Infektionsrisiko und die Übergangslagen Ostwestfalen die Region mit dem geringsten Infektionsrisiko.

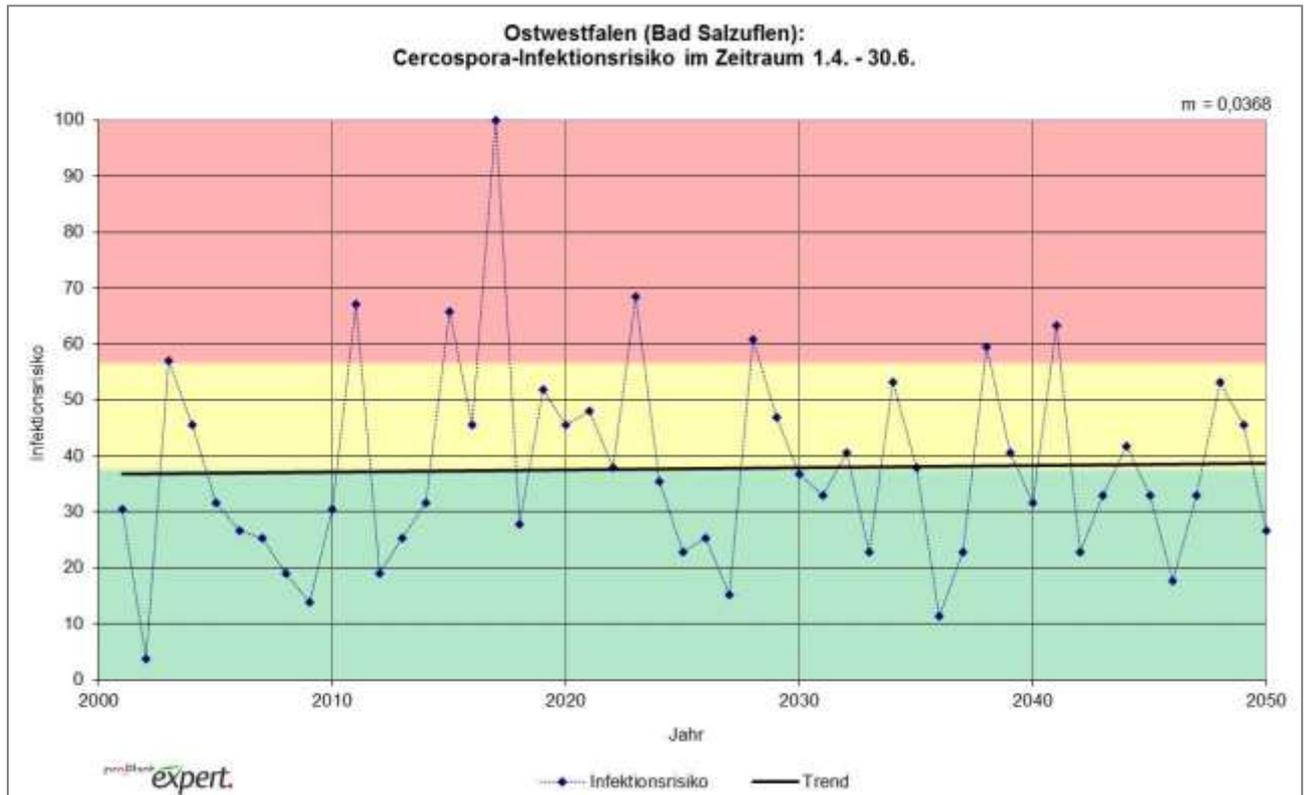


Abbildung 55

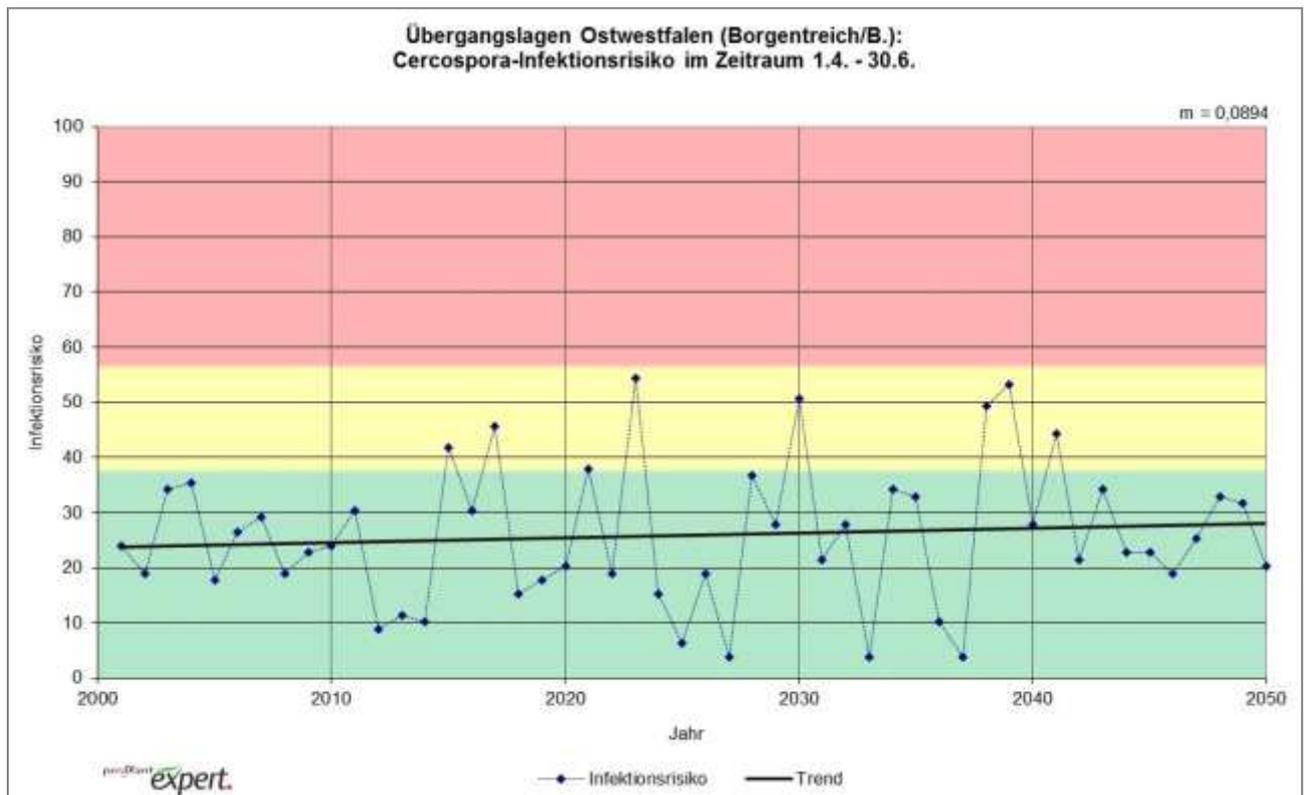


Abbildung 56

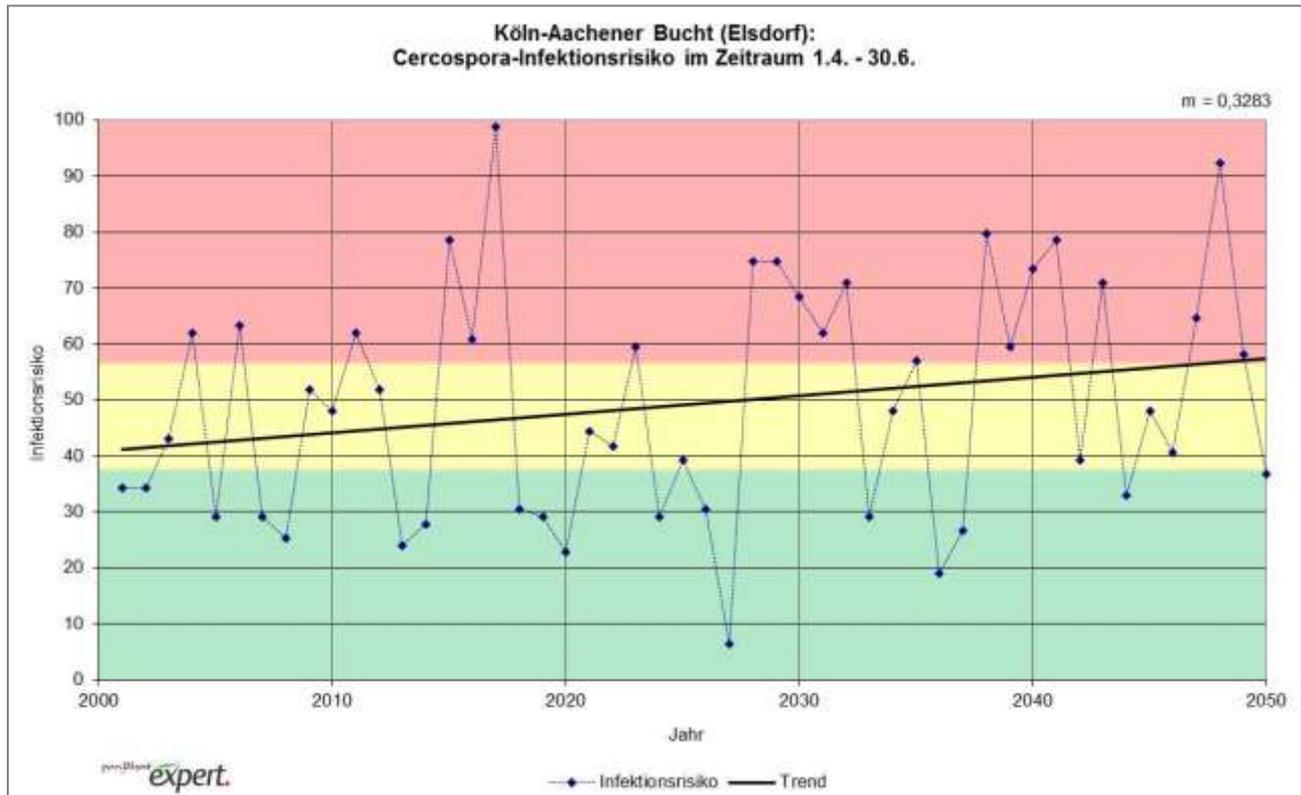


Abbildung 57

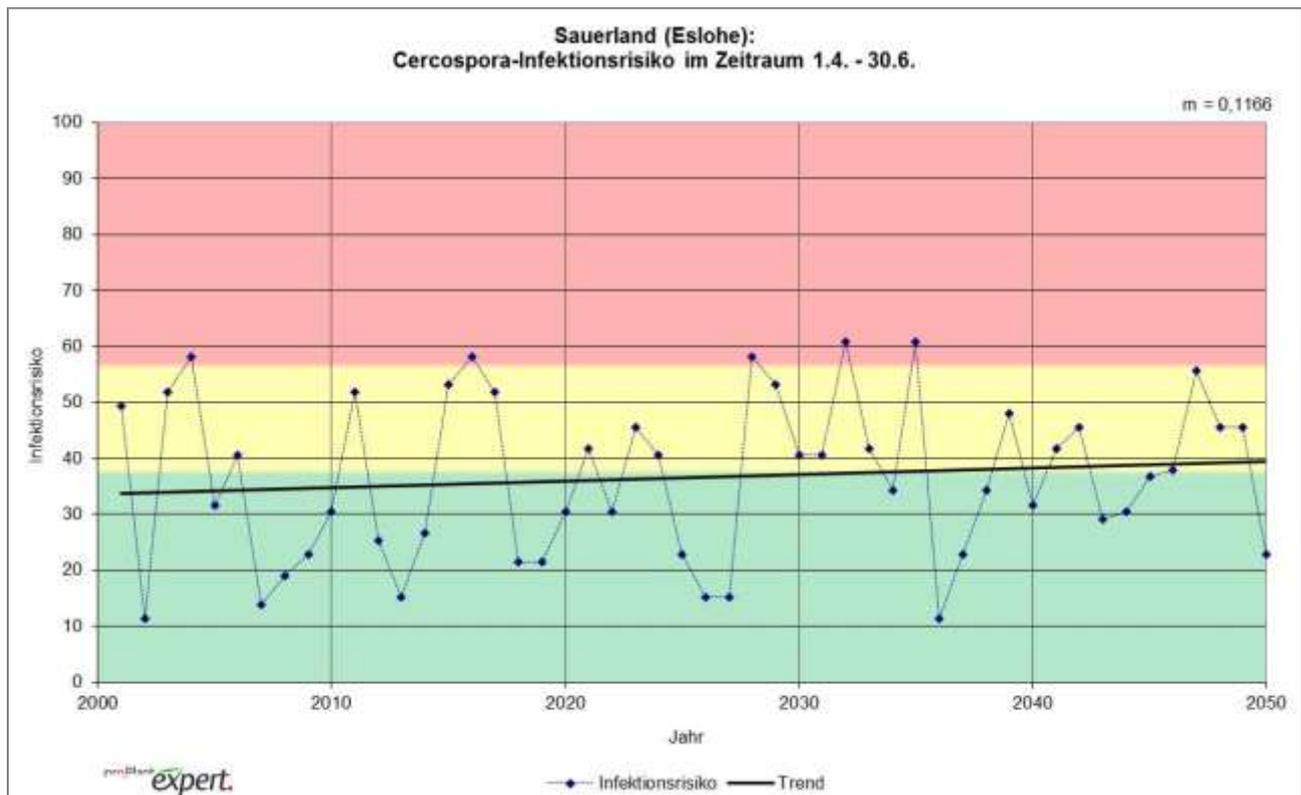


Abbildung 58

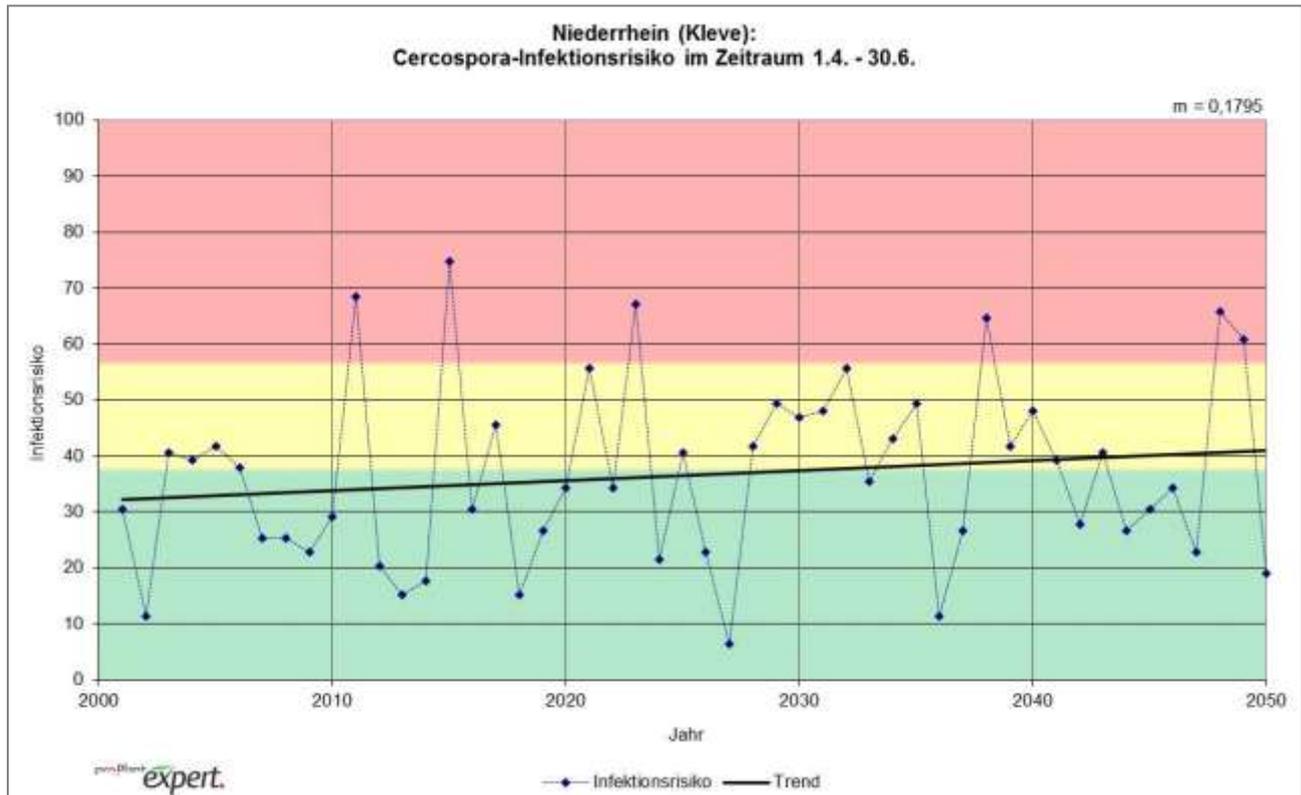


Abbildung 59

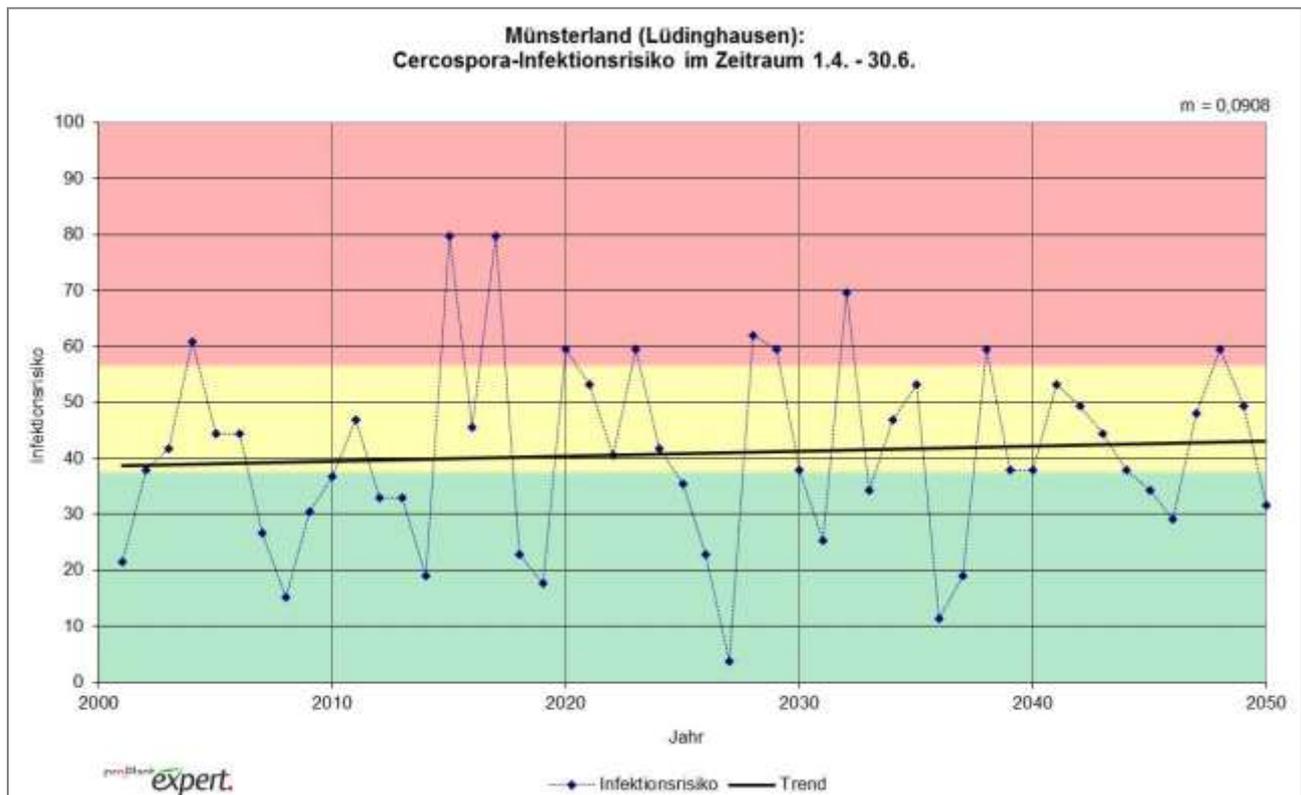


Abbildung 60

#### 4.2.2 Rübenmehltau

<b>Bedeutung</b>	Gezielte Fungizidbehandlungen nur gegen Rübenmehltau ( <i>Erysiphe betae</i> ) sind in NRW die Ausnahme, in der Regel wird bei der Bekämpfung von <i>Cercospora</i> gleichzeitig auftretender Rübenmehltau (im Zeitraum Mitte Juli bis Ende August) mitbehandelt. Es gibt deutliche Sortenunterschiede bei der Anfälligkeit gegenüber Rübenmehltau.
------------------	---

<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	Der Rübenmehltau wird durch trockenes und warmes Wetter begünstigt. Der 1-Monats-Zeitraum 15. August bis 15. September wurde für die Analyse ausgewählt, weil sich insbesondere in diesem Zeitraum Befallsjahre und Nicht-Befallsjahre witterungsbedingt unterscheiden.
--	--

<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	<p>Für Rübenmehltau ist in der Region Niederrhein eine stark zunehmende Bedeutung zu erwarten. Kein eindeutiger Trend ergibt sich für die Region Übergangslagen Ostwestfalen. Für alle anderen vier Regionen ist ein etwas zunehmendes Infektionsrisiko wahrscheinlich.</p> <p>Das gehäufte Auftreten von Infektionswetter, das deutlich günstiger sein wird als das Maximum in den letzten Jahren 2001-2009, ist nicht zu erwarten.</p> <p>Die Rangfolge der Boden-Klima-Räume hinsichtlich ihrer Rübenmehltau-Gefährdung untereinander bleibt erhalten (also Köln-Aachener-Bucht und Niederrhein mit höherem Risiko als Übergangslagen Ostwestfalen).</p> <p>Generell wird der Rübenmehltau durch den Erhöhungs-Trend bei den Temperatur-Wetterparametern begünstigt.</p>
--	---

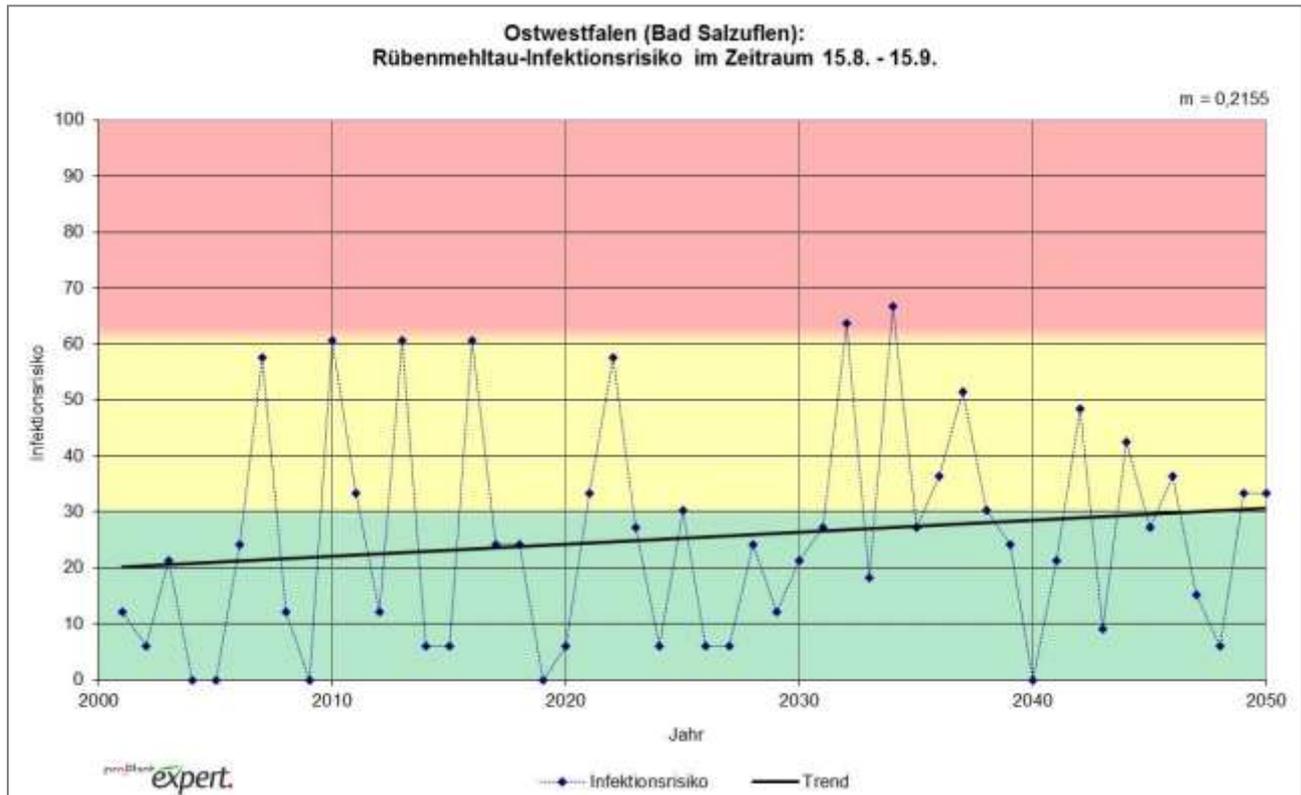


Abbildung 61

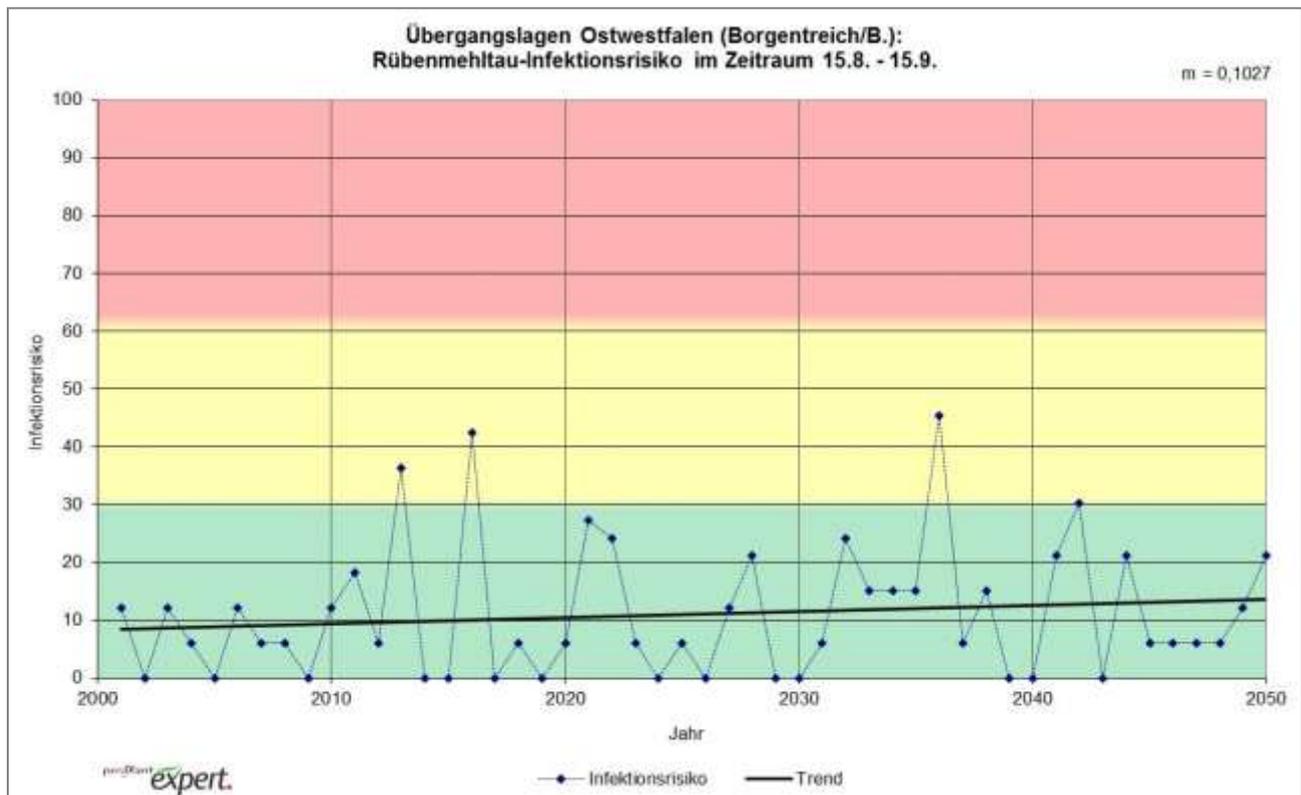


Abbildung 62

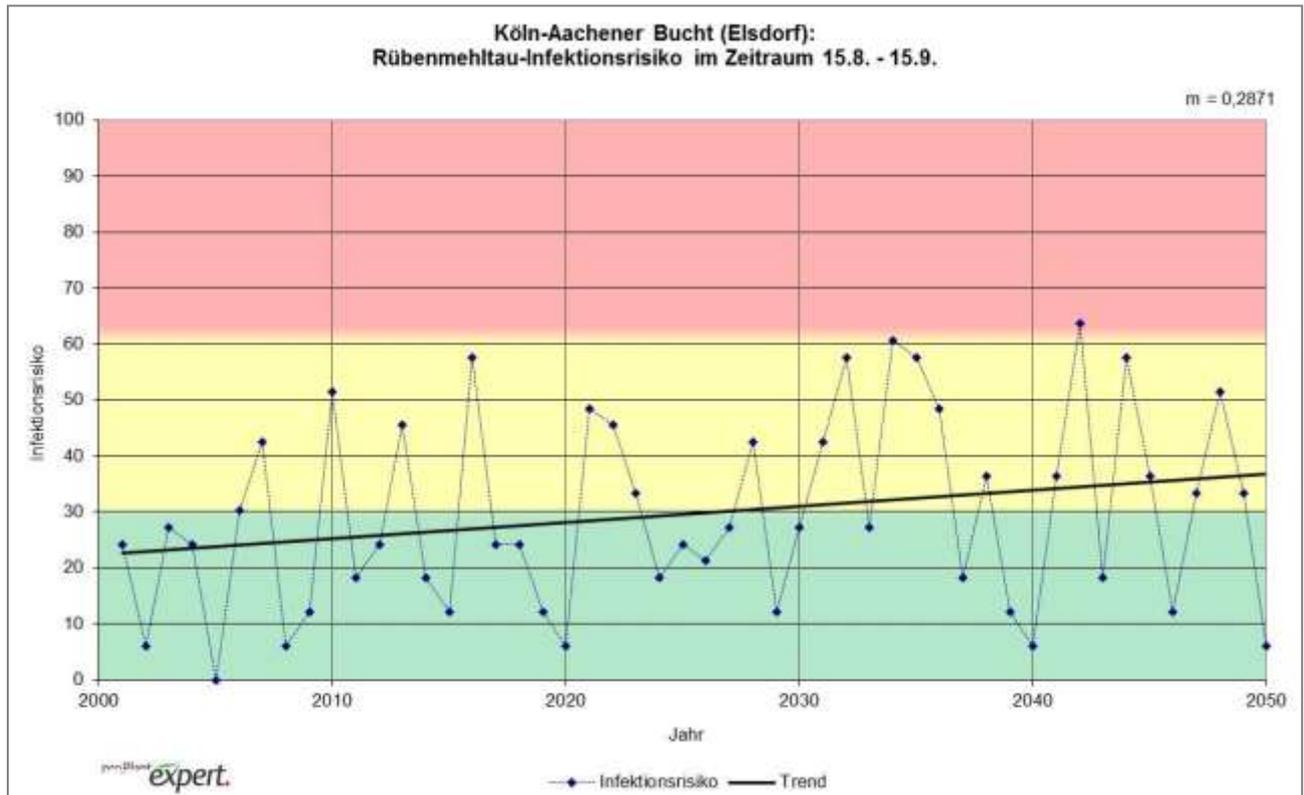


Abbildung 63

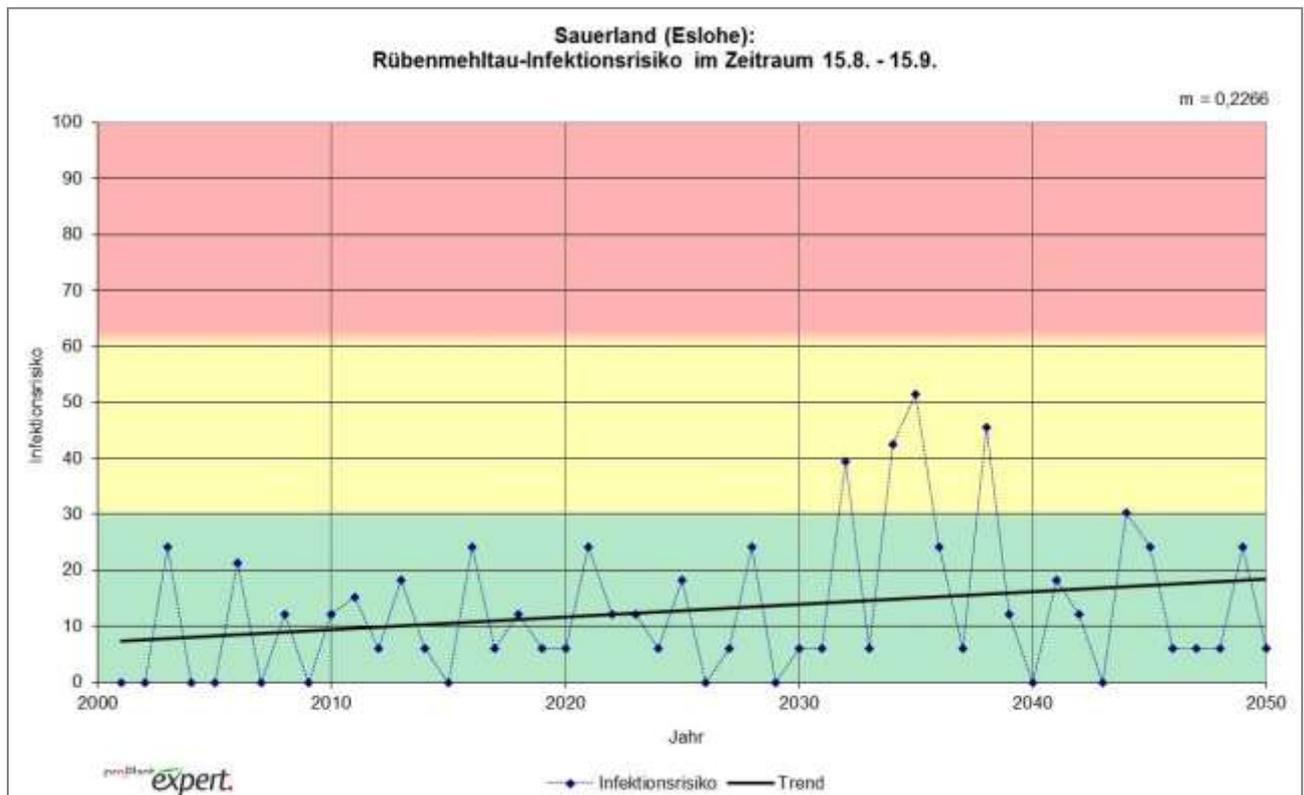


Abbildung 64

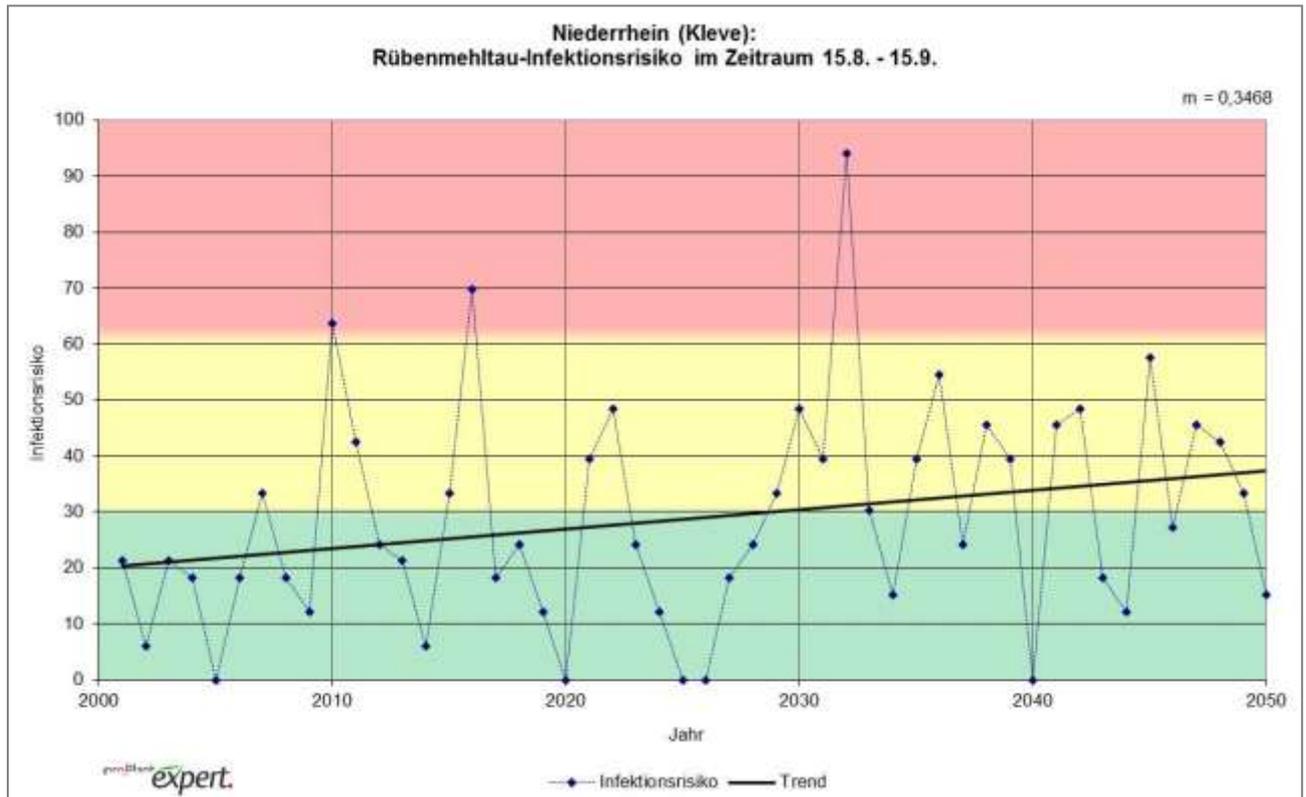


Abbildung 65

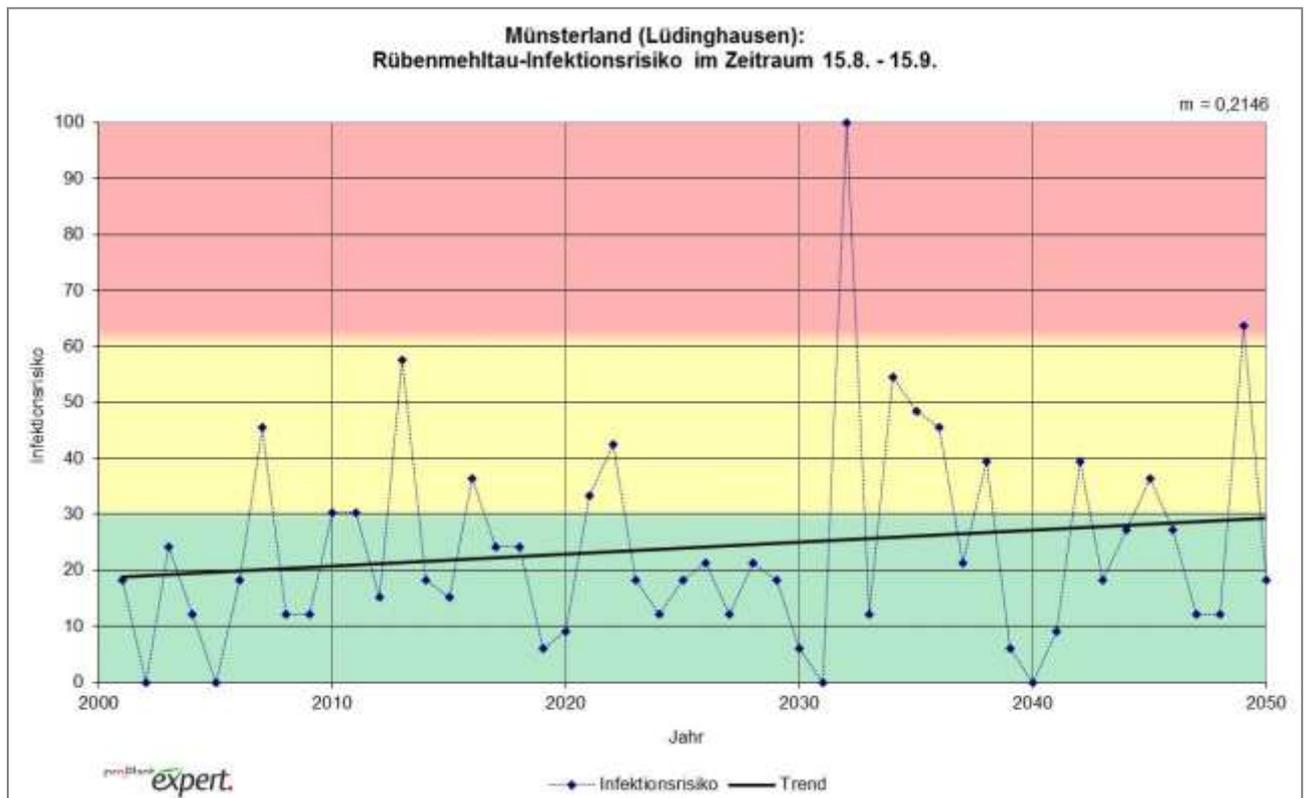


Abbildung 66

### 4.2.3 Fazit Zuckerrüben

Für die untersuchten Zeiträume begünstigt der Klimawandel die Zuckerrübenkrankheiten Cercospora-Blattflecken und Rübenmehltau regional unterschiedlich. Für die Köln-Aachener Bucht als Region mit dem derzeit höchsten Zuckerrübenanteil ist sowohl für Cercospora (stärker) als auch den Rübenmehltau (geringer) eine Erhöhung des Infektionsrisikos zu erwarten.

Cercospora wird weiterhin die dominierende Blattkrankheit bleiben.

## 4.3 Kartoffeln

### 4.3.1 Krautfäule

<b>Bedeutung</b>	Die Krautfäule ( <i>Phytophthora infestans</i> ) ist die absolut dominierende Pilzkrankheit, gegen die je nach Jahr und Region bis zu 10-15 Fungizidbehandlungen durchgeführt werden. Die erste Behandlung wird in frühen Befallsjahren bereits Ende Mai durchgeführt, in späten Befallsjahren erst Mitte/Ende Juni.
------------------	--

<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	Die Krautfäule benötigt für die Blatinfektion Blattnässe (Niederschläge oder Tau) bei mittleren Temperaturen. Trockenperioden ohne Niederschläge und mit geringer relativer Luftfeuchte hemmen den weiteren Befall.  Der 3-Monats-Zeitraum 15. Mai bis 15. August wurde für die Analyse als durchschnittliche Behandlungsspanne ausgewählt.
--	---

<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	Für Krautfäule wird einheitlich für alle 6 Regionen eine konstante Bedeutung vorhergesagt.  Ein gehäuftes Auftreten von Infektionswetter, das deutlich günstiger wäre als das Maximum in den letzten Jahren 2001-2009, ist nicht zu erwarten.  Die Rangfolge der Boden-Klima-Räume untereinander hinsichtlich ihrer Krautfäule-Gefährdung bleibt im Wesentlichen erhalten (also z.B. Köln-Aachener-Bucht mit höherem Risiko als Übergangslagen Ostwestfalen).  Beispielsweise für die Köln-Aachener-Bucht wirkt die zunehmende Niederschlagssumme im betrachteten Zeitraum eher hin zu einer zunehmenden Bedeutung, die zunehmende Durchschnittstemperatur eher hin zu einer abnehmenden Bedeutung, und beides zusammen scheint sich in etwa aufzuheben.
--	--

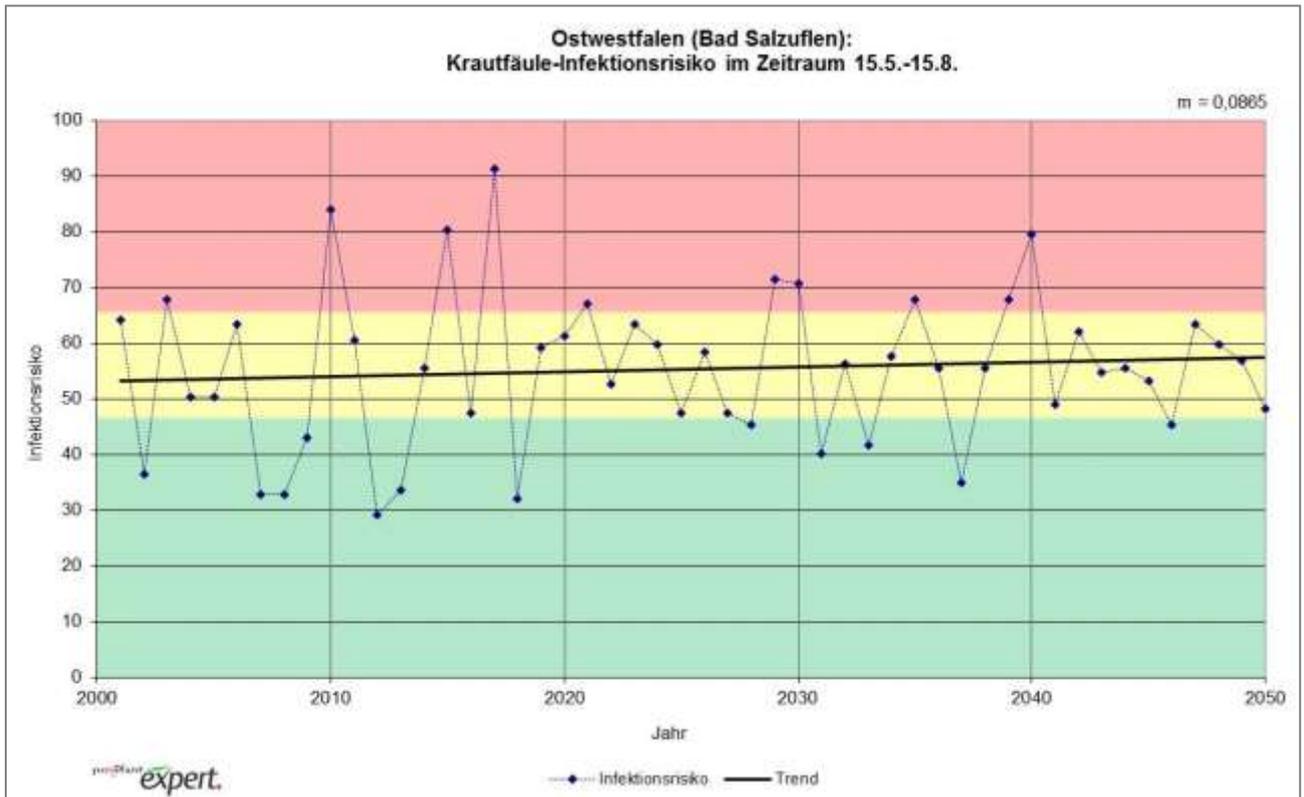


Abbildung 67

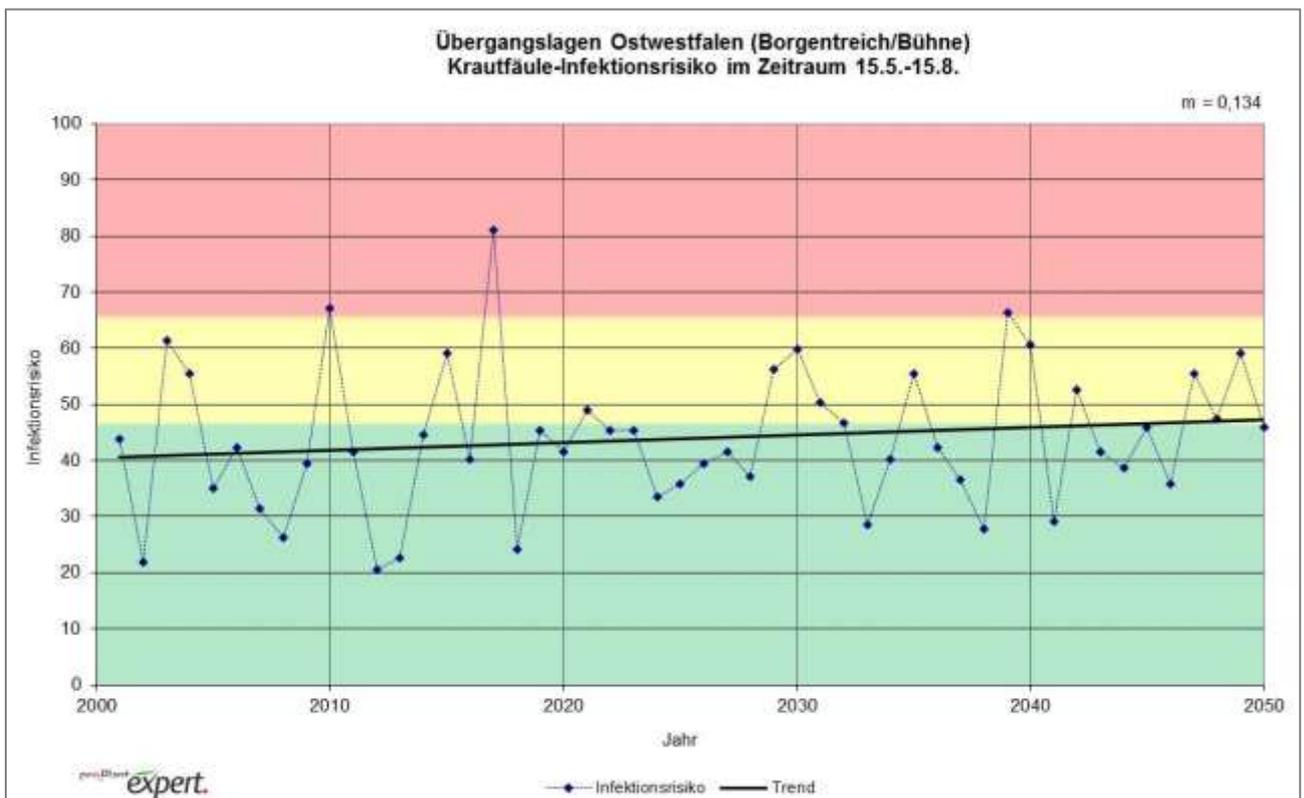


Abbildung 68

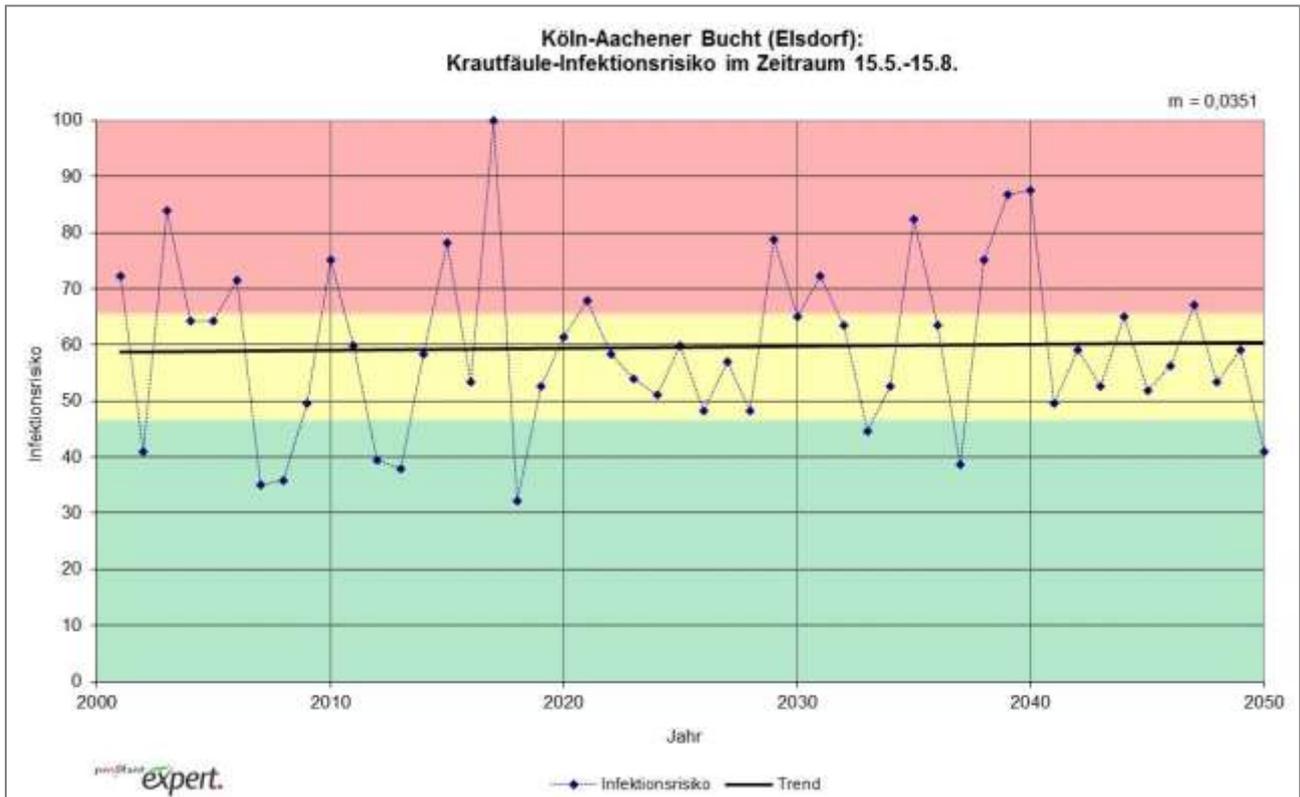


Abbildung 69

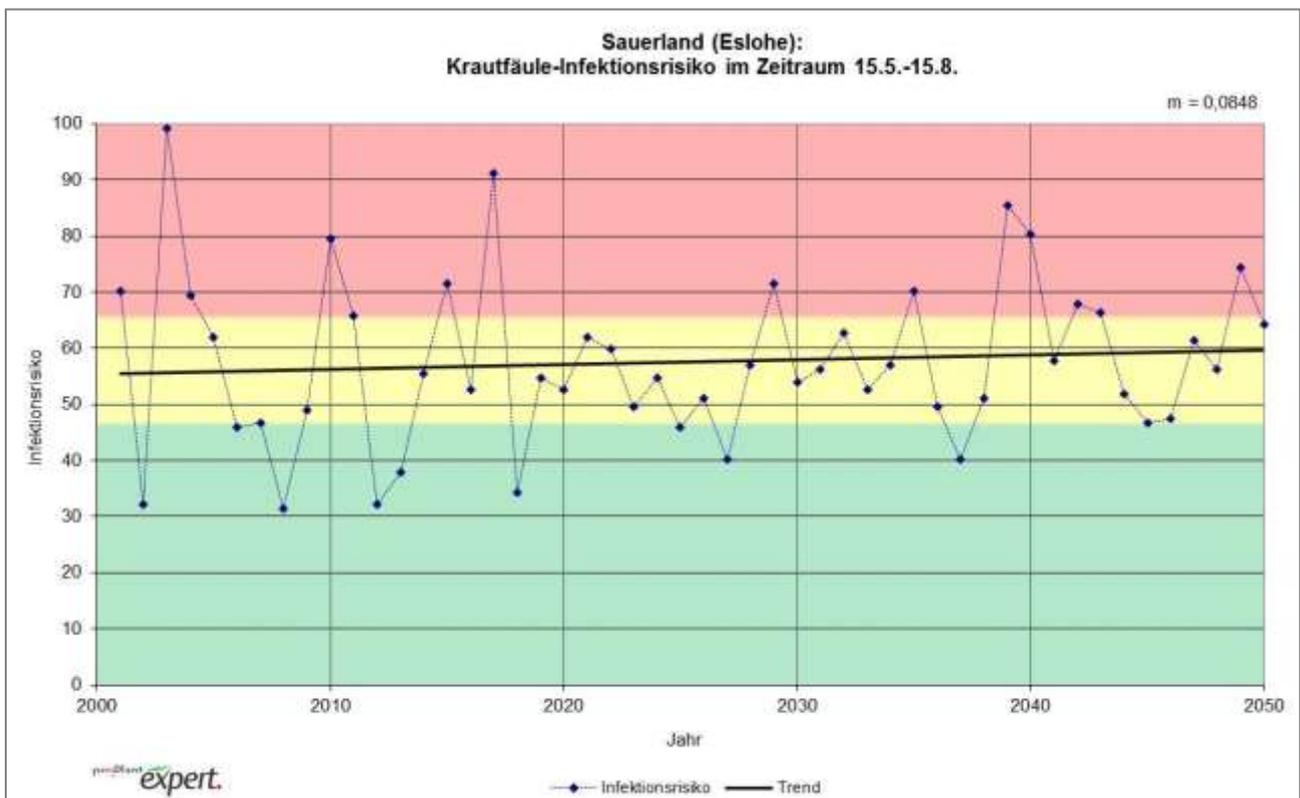


Abbildung 70

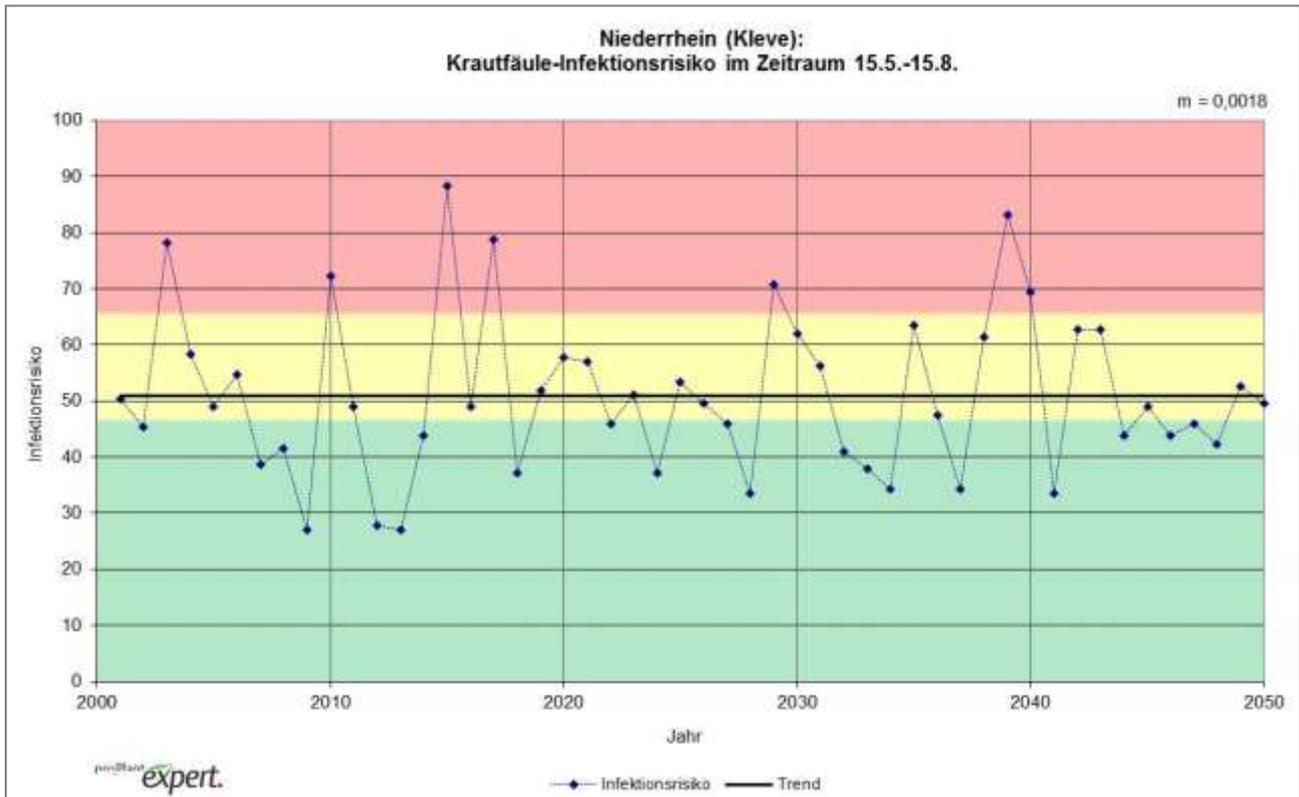


Abbildung 71

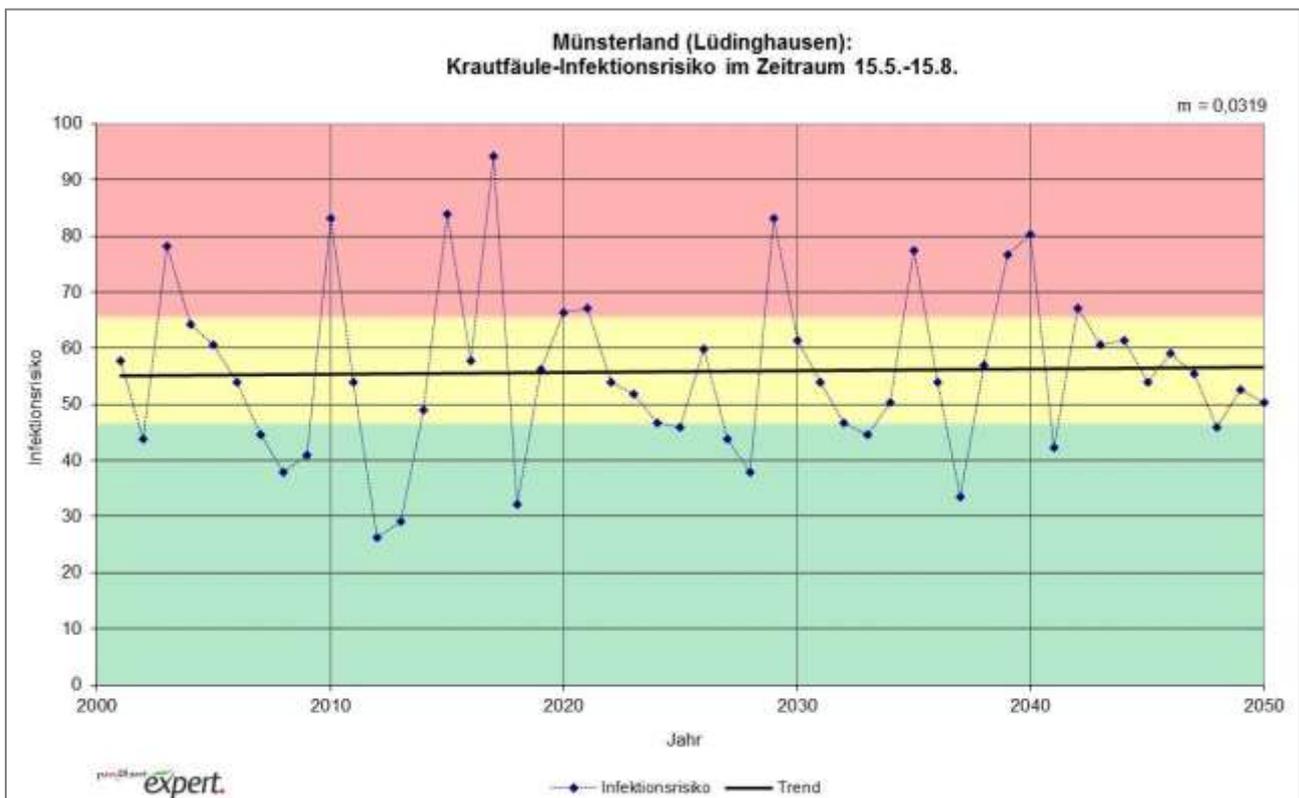


Abbildung 72

### 4.3.2 Alternaria-Dürrflecken

Die Pilzkrankheit Alternaria-Dürrflecken hat mit zunehmend wärmer werdenden Sommern im Kartoffelanbau Deutschlands an Bedeutung zugenommen. In Süddeutschland ist die Krankheit bereits seit Längerem ein Thema. Seit einigen Jahren breitet sie sich nach Norden aus und tritt auch in NRW immer öfter auf. In trockenen Jahren spielt sie vielfach eine größere Rolle als die Krautfäule.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen dieses Projektes ein Prognosemodell für Alternaria-Dürrflecken neu entwickelt. Zunächst wurden die Algorithmen zur Wetterdatenauswertung hinsichtlich der Infektionsbedingungen auf der Basis von eigenem Erfahrungswissen, Expertenwissen Dritter und Literaturrecherchen fachlich konzipiert. Danach erfolgte die Validierung (z.B. anhand von veröffentlichten Befallsverläufen in Feldversuchen oder an Monitoringstandorten verschiedener Jahre aus ganz Deutschland) und die technische Implementierung.

Die Klimawandel-Analyse für Alternaria beruht folglich (so wie auch beim Maiszünsler) nicht auf Erfahrungen mit einem langjährig bereits existierendem Modell, so wie es bei allen anderen 18 verwendeten proPlant expert-Prognosemodellen der Fall ist.

<b>Bedeutung</b>	Gezielte Fungizidbehandlungen nur gegen Alternaria ( <i>Alternaria solani</i> und <i>Alternaria alternata</i> ) sind in NRW die Ausnahme. In der Regel werden bei der Bekämpfung der Krautfäule – bewusst oder unbewusst – teilweise Fungizide eingesetzt, die eine Nebenwirkung gegen Alternaria haben. Alternaria ist in späten Kartoffelsorten bedeutender als in frühen Sorten.
<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	<p>Alternaria benötigt für die Infektionen einen Wechsel von trockenen Tagen bei hohen Temperaturen und Tagen mit Niederschlägen. Im Gegensatz zur Krautfäule gibt es für Alternaria anscheinend keine zu hohen Temperaturen, bei denen der Pilz nicht infizieren kann.</p> <p>Der 3-Monats-Zeitraum 15. Mai bis 15. August wurde für die Analyse als durchschnittliche Behandlungsspanne ausgewählt und ist identisch mit dem Zeitraum für die Krautfäule.</p>
<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001–2050</b>	<p>Für Alternaria ist in 4 Boden-Klima-Räumen eine etwas zunehmende Bedeutung zu erwarten (Ostwestfalen, Übergangslagen Ostwestfalen, Niederrhein, Münsterland). Kein eindeutiger Trend ergibt sich für die 2 Regionen Köln-Aachener Bucht und Sauerland.</p> <p>Die Rangfolge der Boden-Klima-Räume untereinander hinsichtlich ihrer Krautfäule-Gefährdung bleibt im Wesentlichen erhalten (also z.B. Köln-Aachener-Bucht - Region mit der höchsten mittleren Durchschnittstemperatur im betrachteten Zeitraum - mit höherem Risiko als Ostwestfalen).</p> <p>Generell wird Alternaria durch den Erhöhungs-Trend bei den Temperatur-Wetterparametern begünstigt.</p>

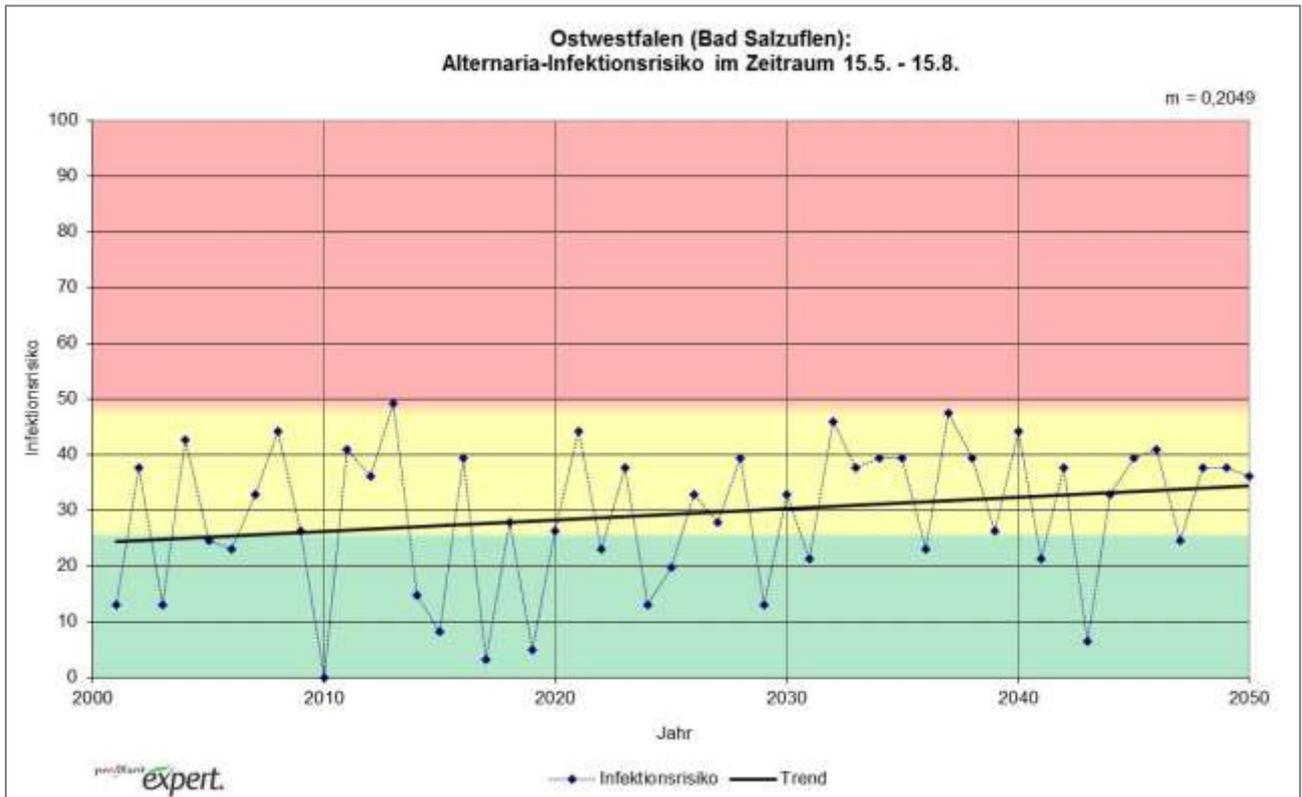


Abbildung 73

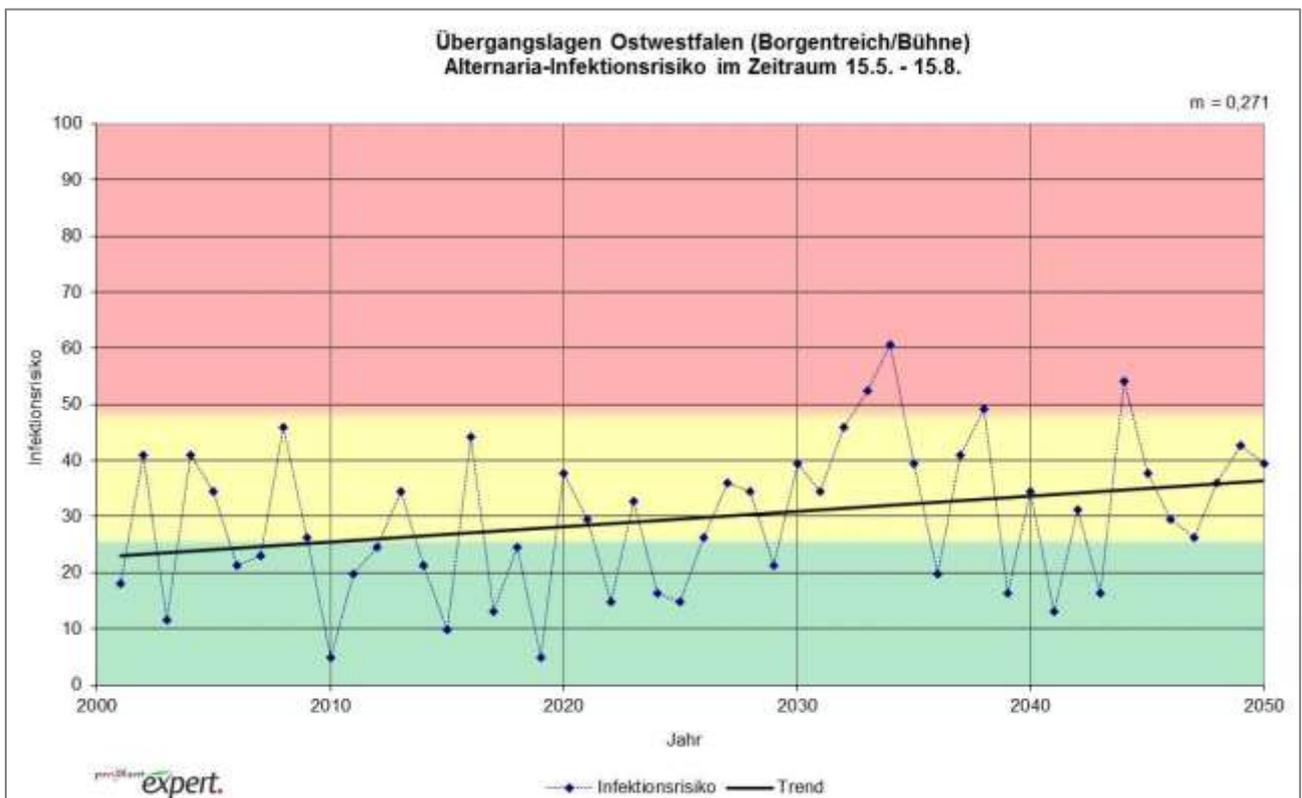


Abbildung 74

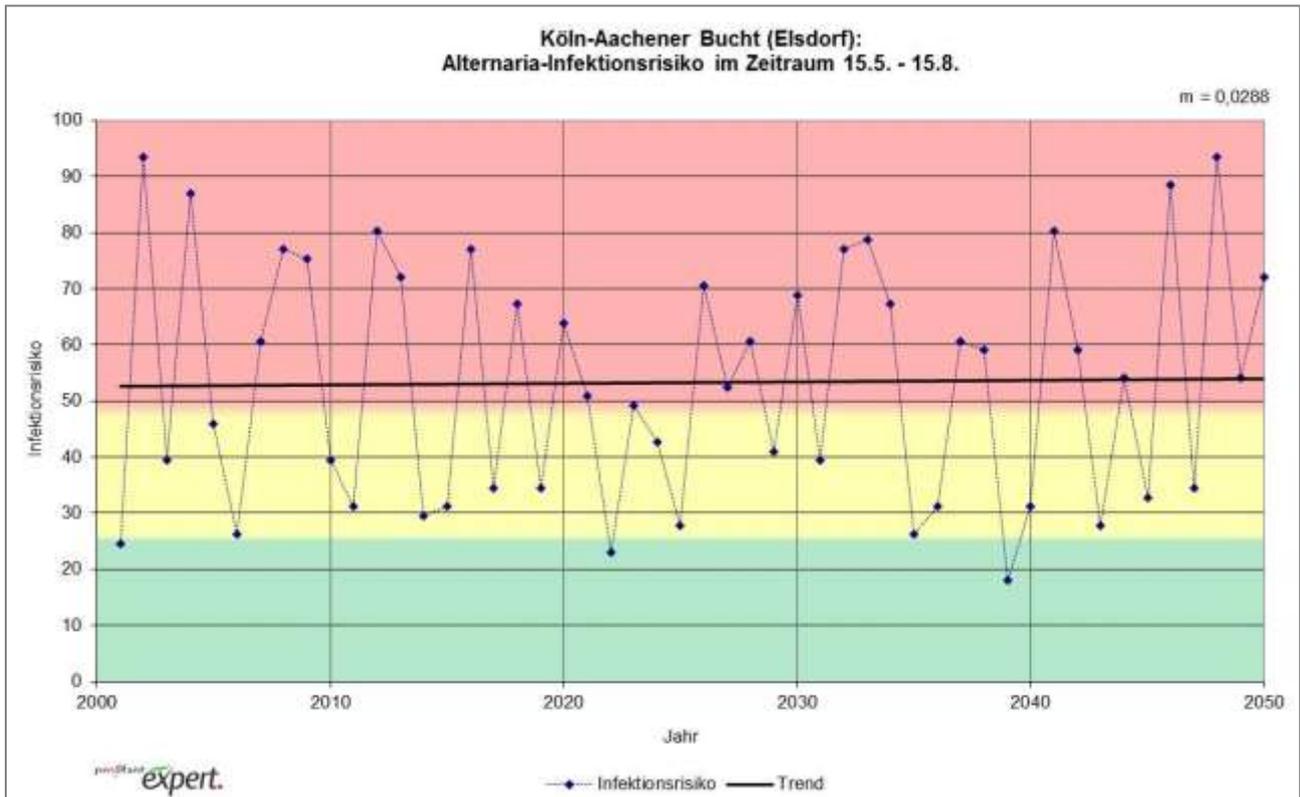


Abbildung 75

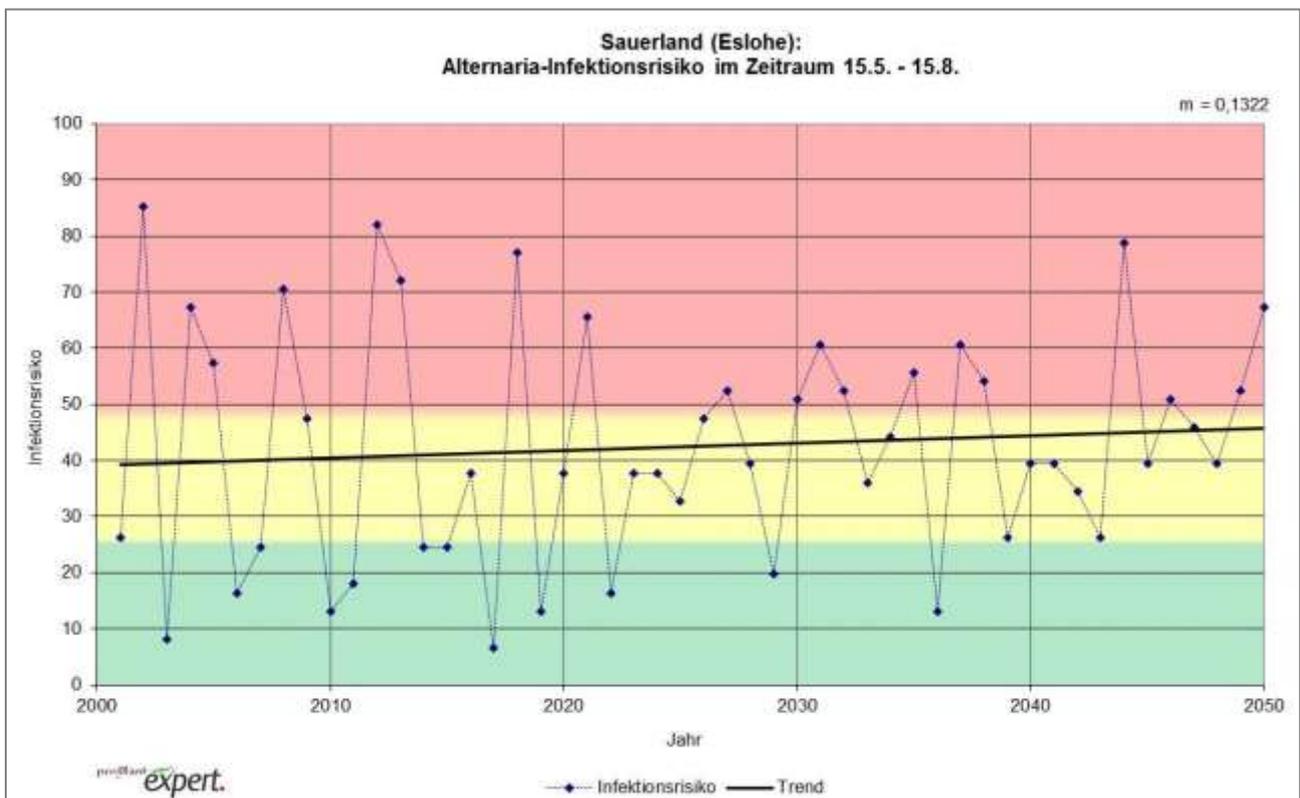


Abbildung 76

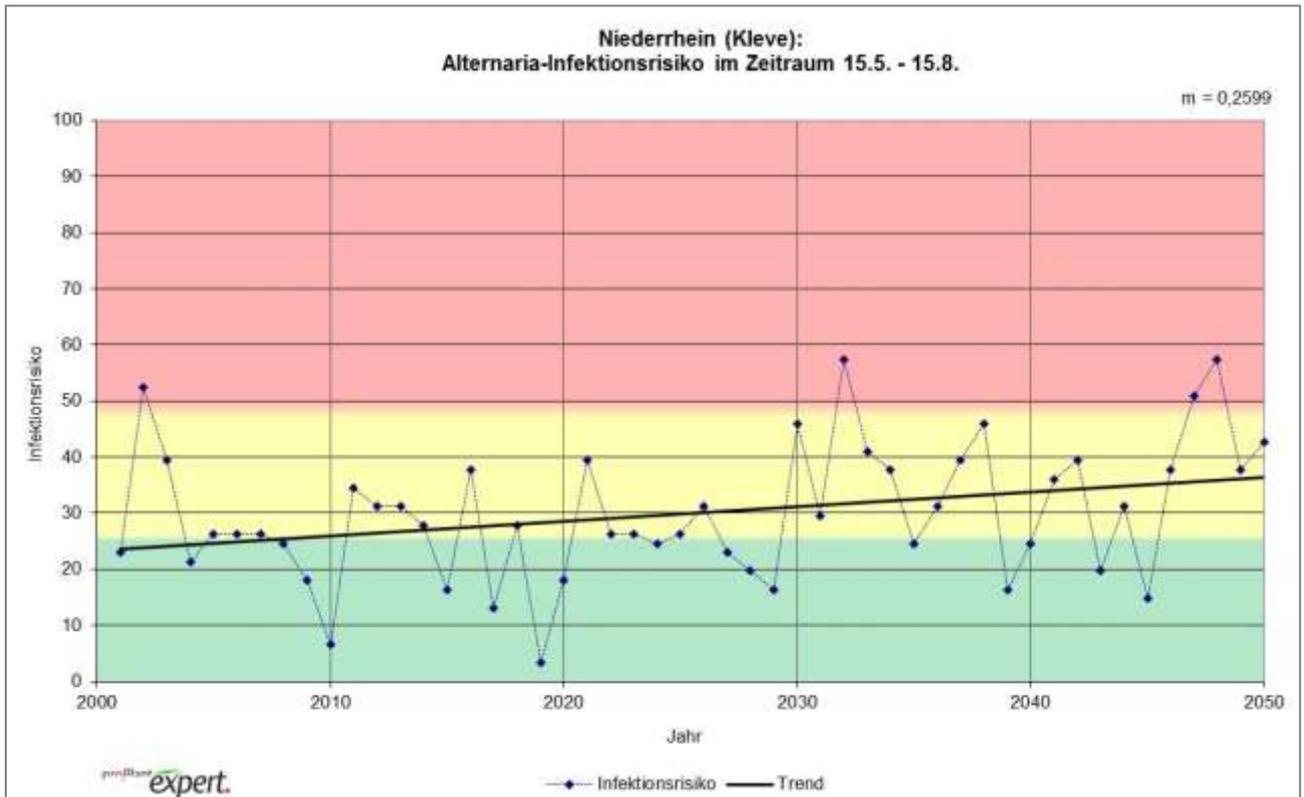


Abbildung 77

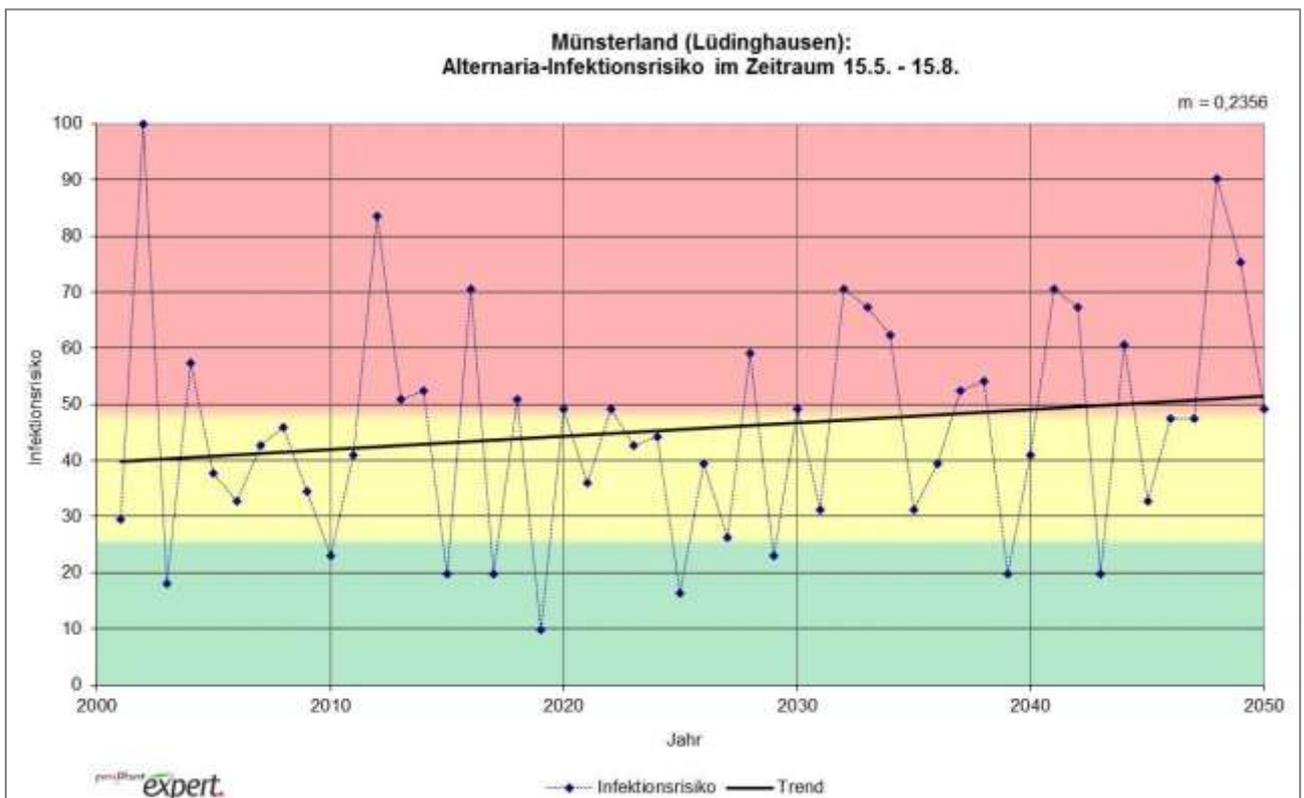


Abbildung 78

### 4.3.3 Fazit Kartoffeln

Während der Pilz *Alternaria* hinsichtlich der analysierten Kennzahl in vier der sechs Boden-Klima-Räume durch den Klimawandel begünstigt wird, ist für den Pilz Krautfäule keine Tendenz erkennbar. Die Krautfäule wird aber weiterhin die dominierende Blattkrankheit bleiben.

## 4.4 Winterraps

Gegenstand der Studie waren sechs bedeutende Rapsschädlinge und der Pilz Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*), für die Modelle im Pflanzenschutz-Beratungssystem proPlant expert existieren (Tabelle 5, Seite 14):

### 4.4.1 Phoma

<b>Bedeutung</b>	In der Regel wird im Winterraps im Herbst ein Fungizid eingesetzt, welches gleichzeitig als Wachstumsregler (Verbesserung der Winterfestigkeit) und gegen Phoma ( <i>Phoma lingam</i> ) wirkt. Nur in Ausnahmejahren tritt Phoma-Befall ertragsbeeinflussend auf. In diesen Befallsjahren ist die richtige Terminierung des Fungizideinsatzes wichtig.
------------------	--

<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	Phoma benötigt für die Blattinfektion Blattnässe (Niederschläge) bei mittleren Temperaturen. In der Regel entscheiden die Niederschläge und nicht die Temperaturen über die Befallshöhe.  Der fast 2 Monate lange Zeitraum 20. August bis 15. Oktober wurde für die Analyse ausgewählt, um eine durchschnittliche Spanne von der Aussaat bis zur Behandlungsentscheidung abzubilden.
--	--

<b>Trend des Infektionsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	In allen 6 Regionen bleibt das Infektionsrisiko nahezu konstant.  Die Rangfolge der Boden-Klima-Räume untereinander hinsichtlich ihres Phoma-Infektionsrisikos ändert sich nicht grundsätzlich (Münsterland und Sauerland mit höherem Risiko als Übergangslagen Ostwestfalen).
--	--

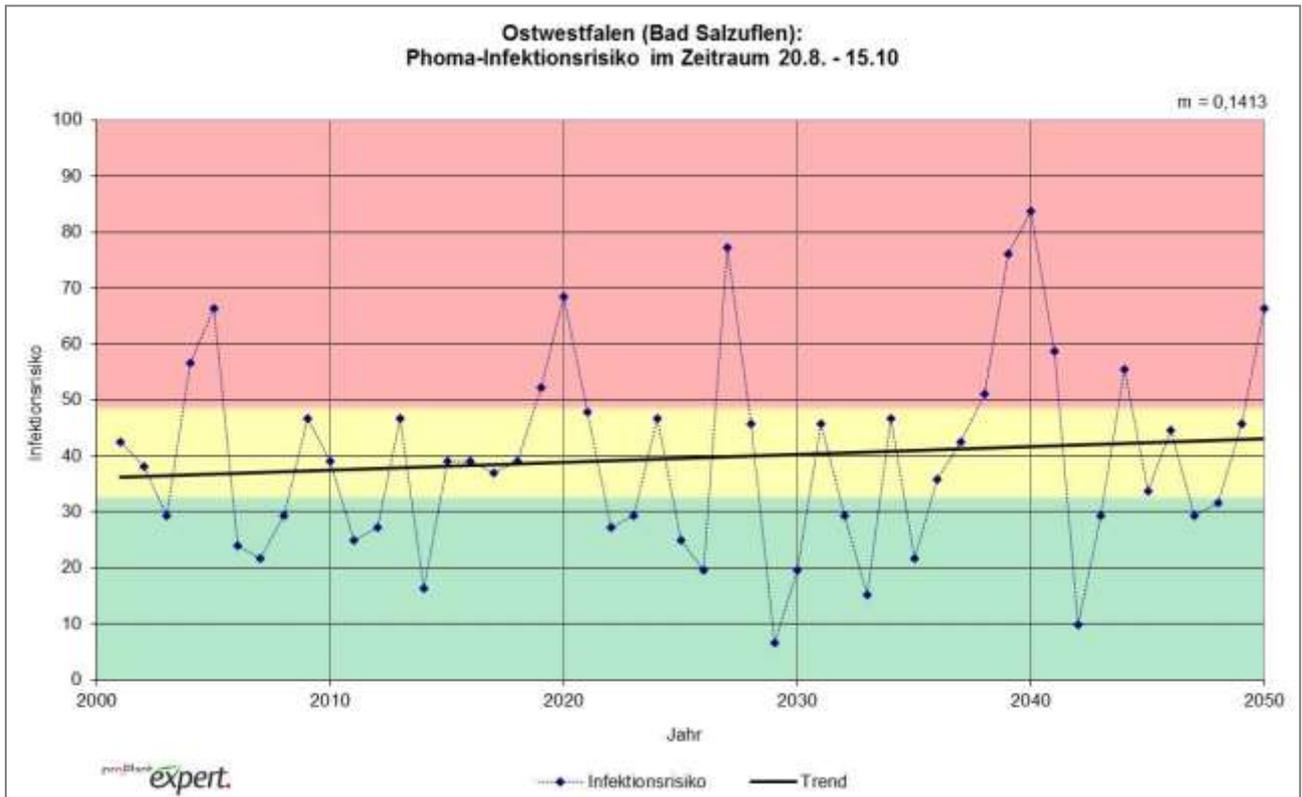


Abbildung 79

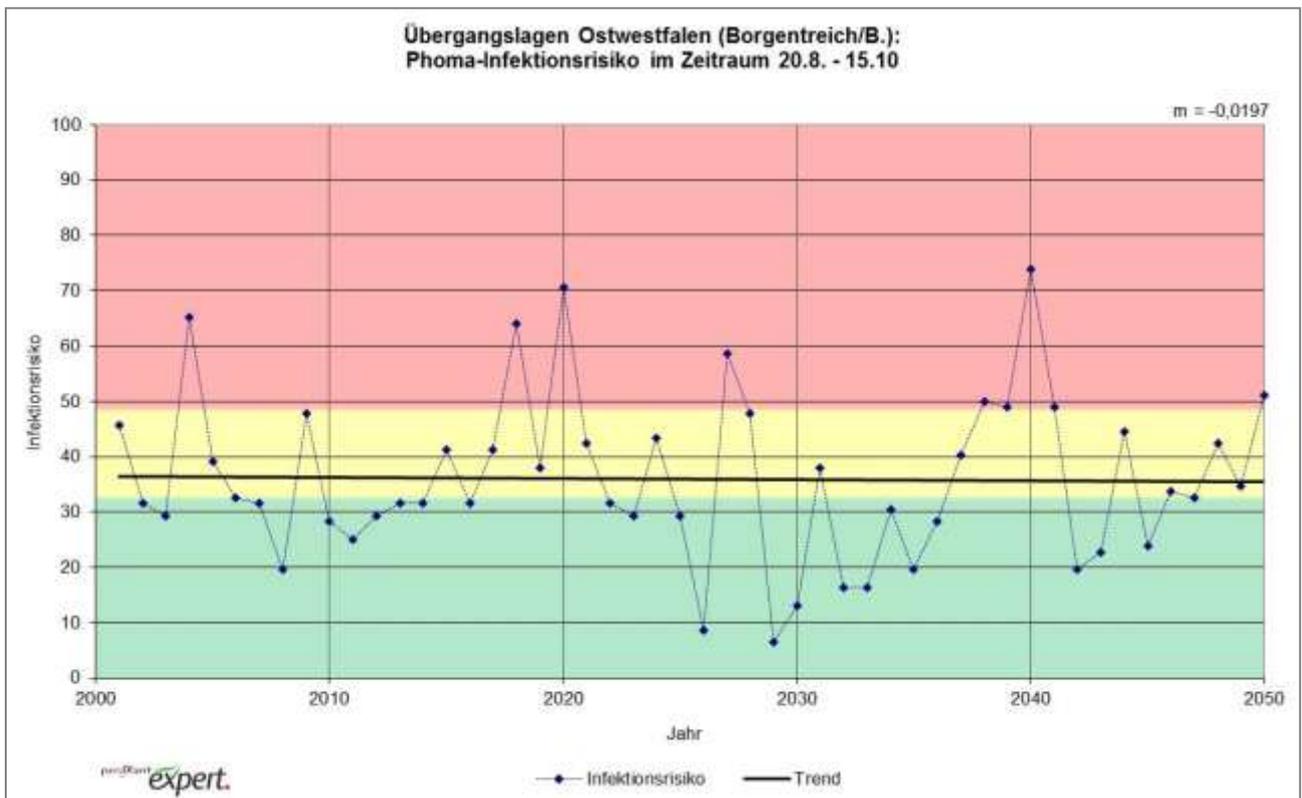


Abbildung 80

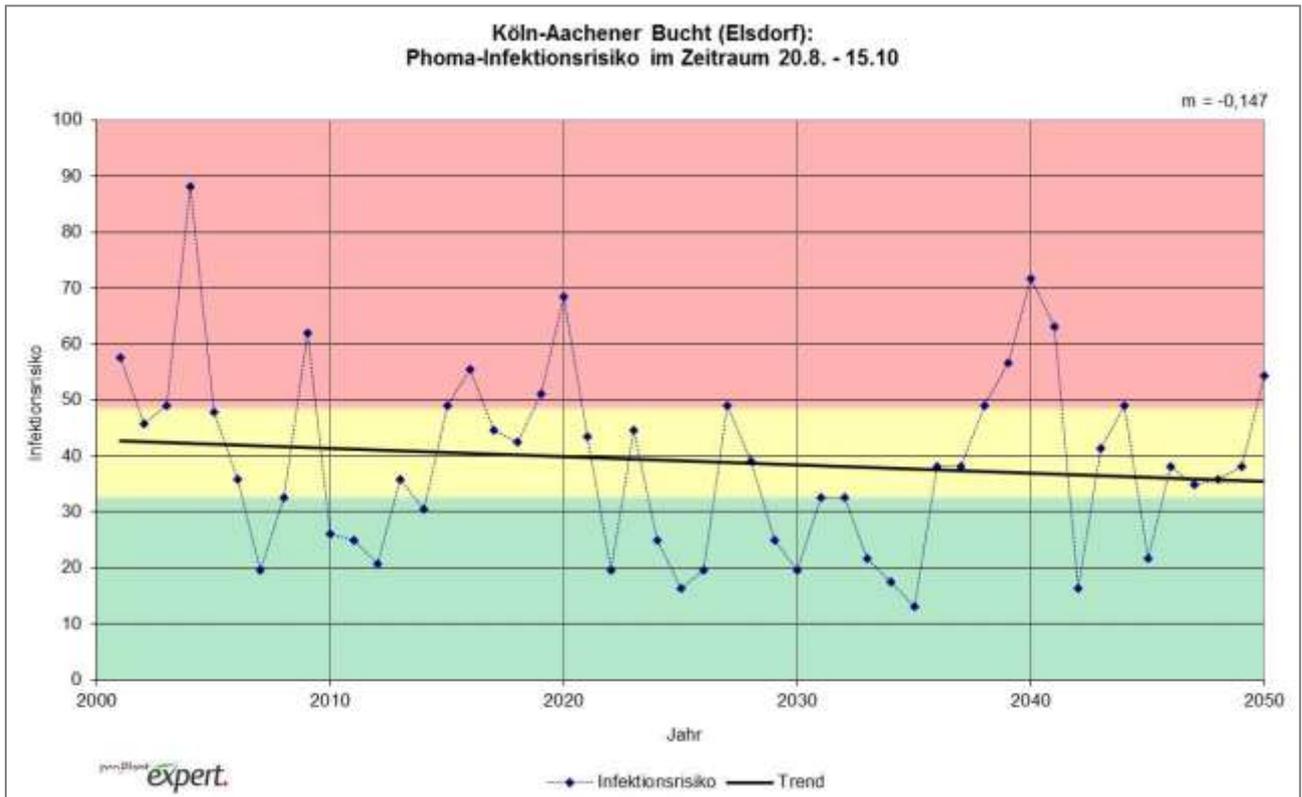


Abbildung 81

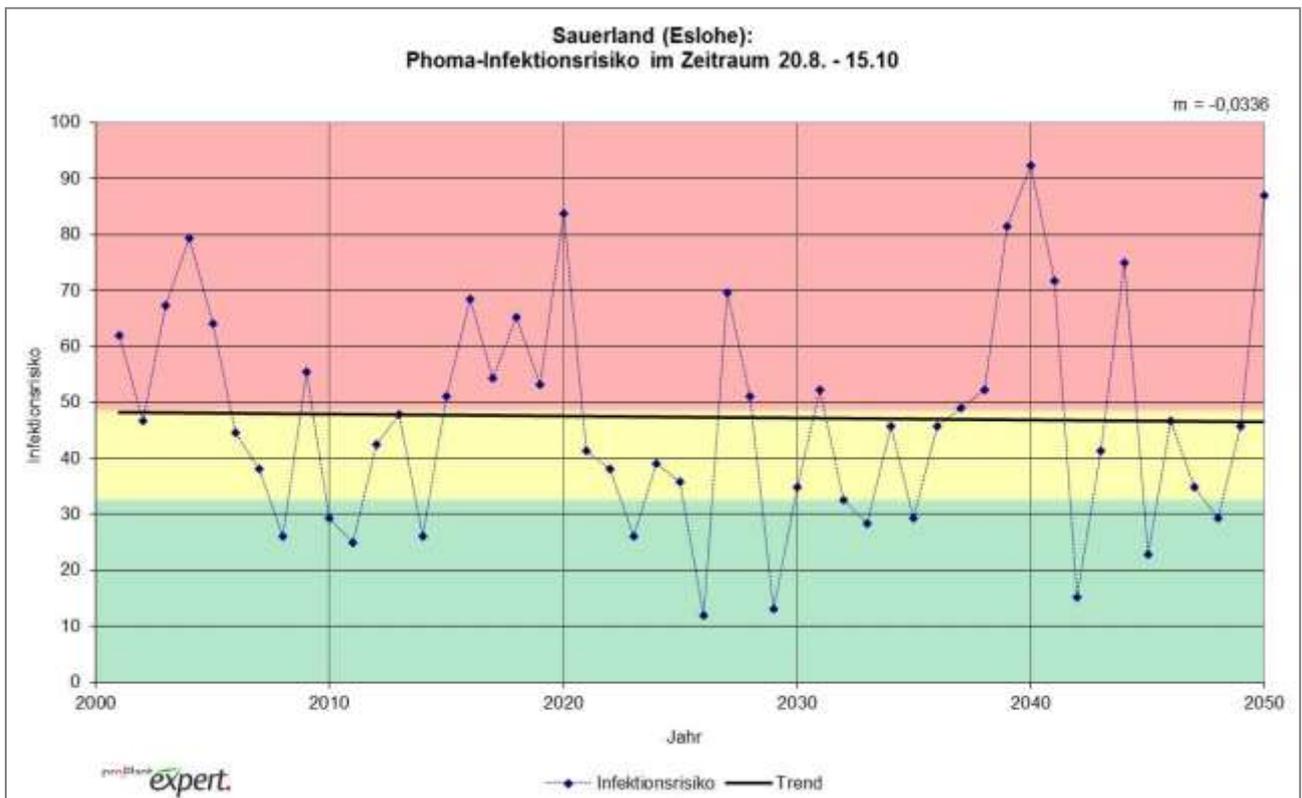


Abbildung 82

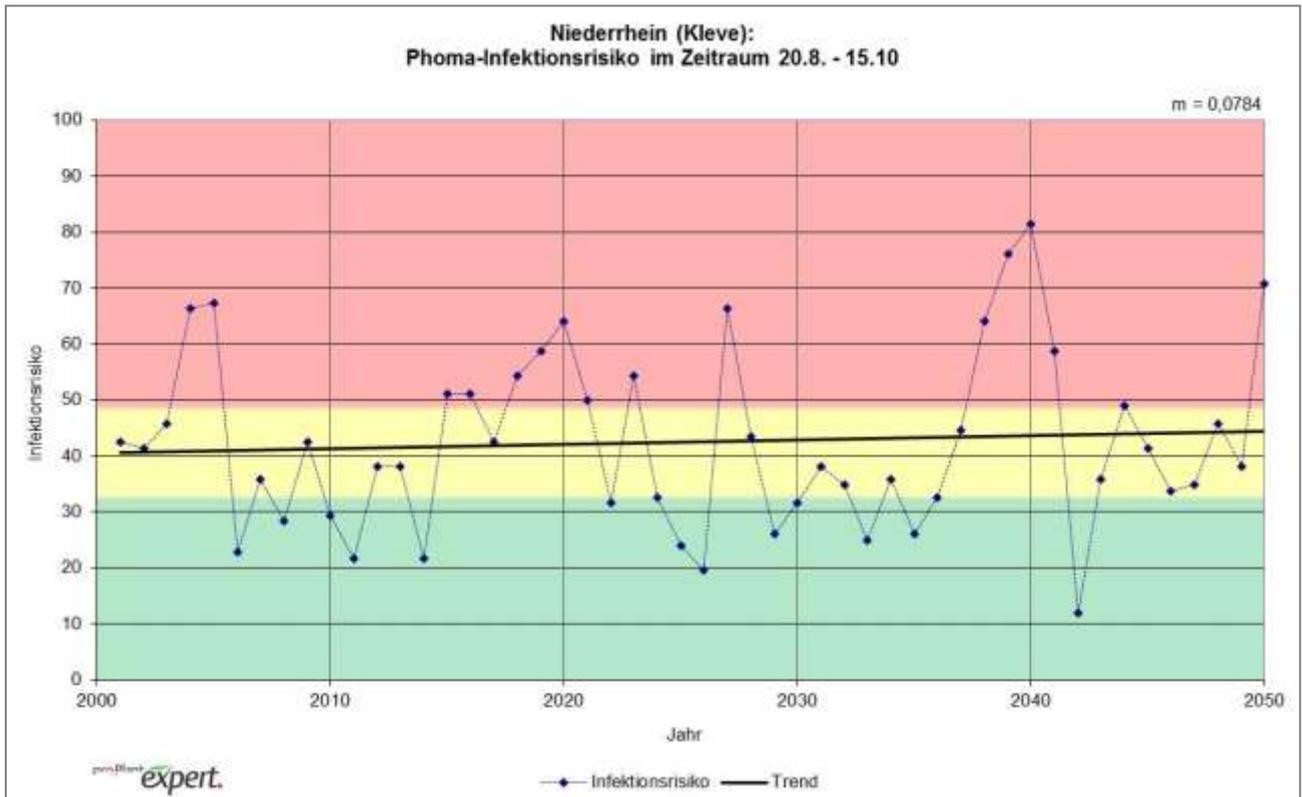


Abbildung 83

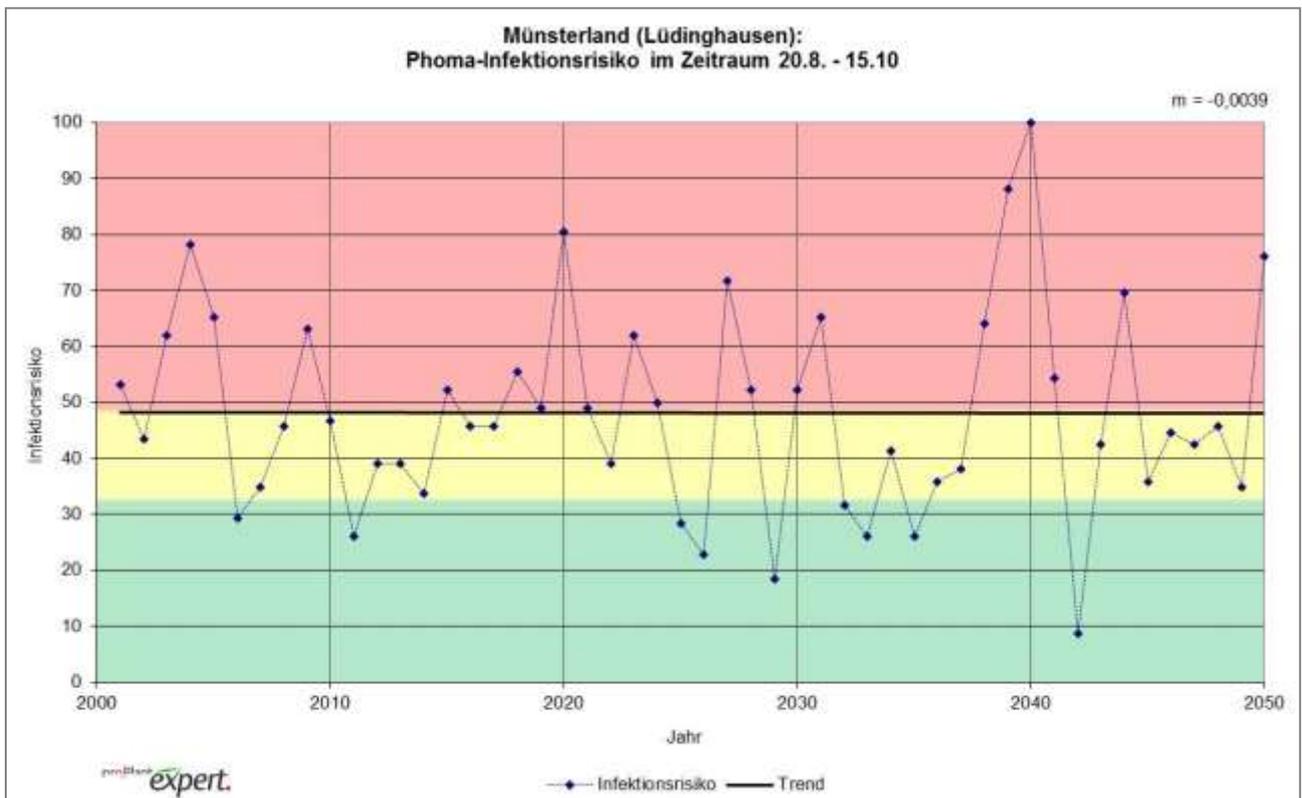


Abbildung 84

#### 4.4.2 Rapserrdfloh

<b>Bedeutung</b>	Der Rapserrdfloh ( <i>Psylliodes chrysocephalus</i> ) tritt in manchen Jahren als gefährlicher Schädling im Herbst auf, gegen den dann eine einmalige Insektizidbehandlung notwendig wird. Der Fraß der Larven in den Blattstielen und am Vegetationspunkt ist gefährlicher als der Fraß der Käfer an den Blättern, der nur in extremen Fällen zu Ertragsverlusten führt.
<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	<p>Die Temperaturen entscheiden über die Entwicklungsgeschwindigkeit der einzelnen Phasen im September, Oktober und November. Sie bestimmen den Start der Käferzuwanderung aus den Sommerquartieren, den Beginn und die Intensität der Eiablage, die Dauer der Eientwicklung, den Schlupftermin der ersten Larven sowie deren Entwicklungsgeschwindigkeit. Es sind vor allem die Jahre mit überdurchschnittlichen Temperaturen im Oktober, in denen der Erdflöhl beachtet werden muss.</p> <p>Das Eiablagerrisiko im 2-Monats-Zeitraum 1. Oktober bis 30. November wurde für die Analyse ausgewählt. Die Intensität der Eiablage (Menge der abgelegten Eier und Dauer der Eiablage) bestimmt, wie viele Larven von den Käfern produziert werden können. Bei mildem Oktober-/Novemberwetter schlüpft ein Großteil der Larven noch im Herbst.</p>
<b>Trend des Eiablagerrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	Ein deutlicher Aufwärtstrend des Eiablagerrisikos wird für alle sechs Regionen ausgewiesen. Als Folge nimmt die Anzahl der Jahre mit geringem Eiablagerrisiko ab. In der letzten untersuchten Dekade wird für die Regionen Köln-Aachener Bucht, Niederrhein und Münsterland ein neues Niveau für NRW erreicht werden. Die Rangfolge der Boden-Klima-Räume untereinander hinsichtlich ihres Eiablagerrisikos bleibt im Wesentlichen erhalten (Köln-Aachener-Bucht, Niederrhein und Münsterland mit deutlich höherem Risiko als Ostwestfalen, Übergangslagen Ostwestfalen und Sauerland).

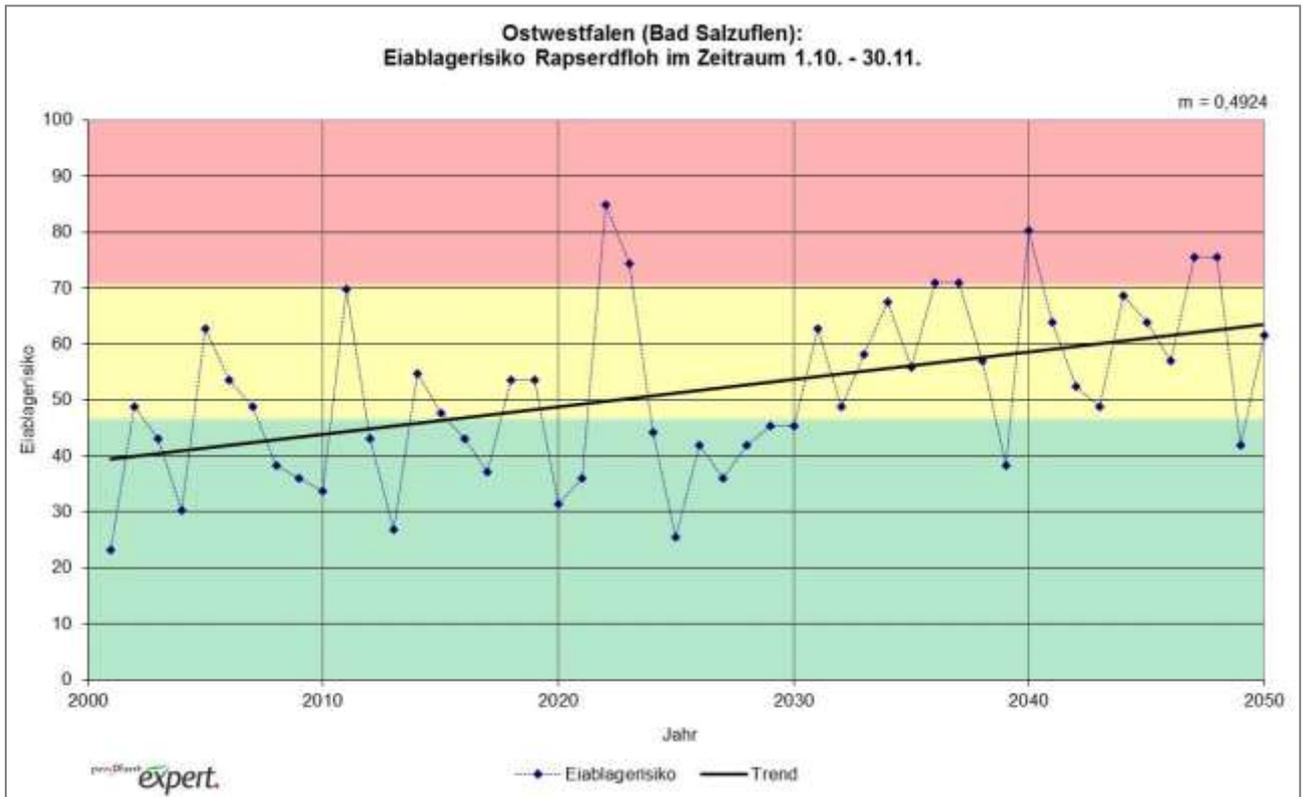


Abbildung 85

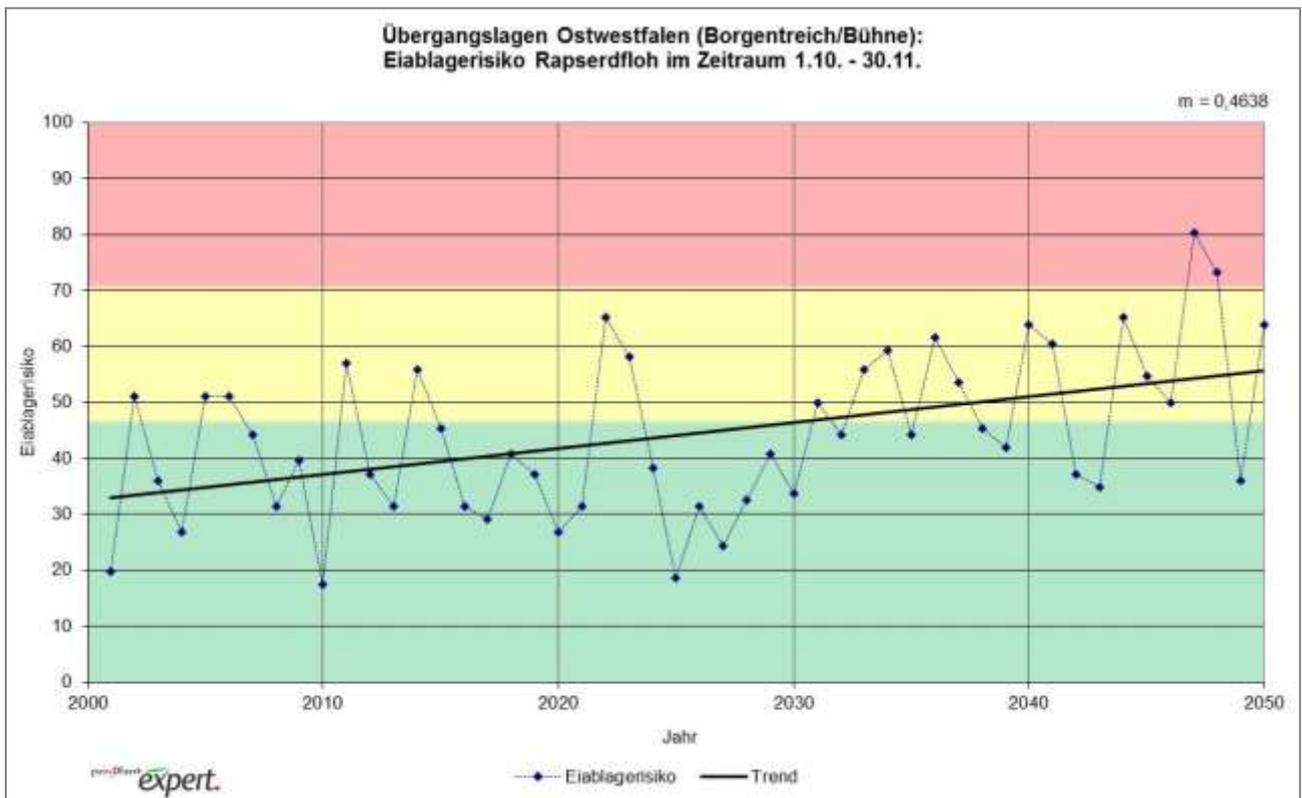


Abbildung 86

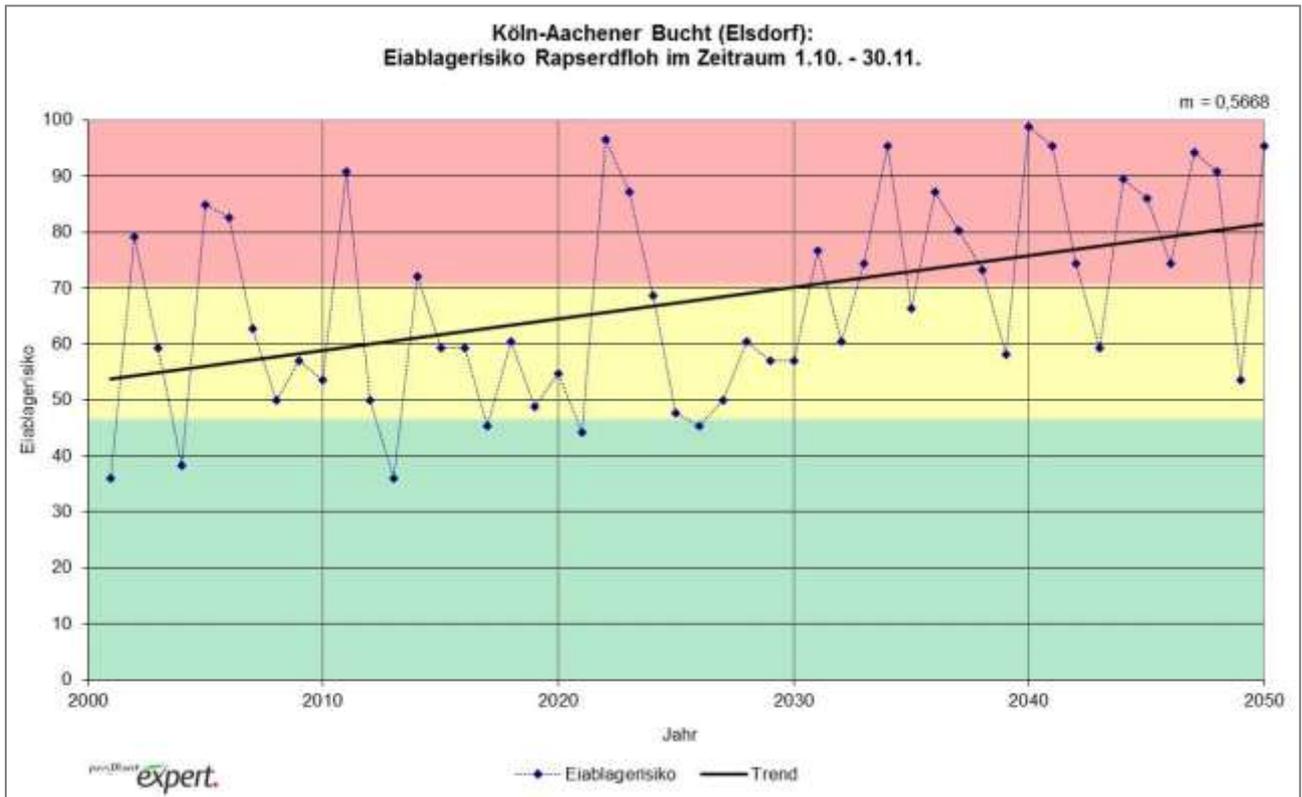


Abbildung 87

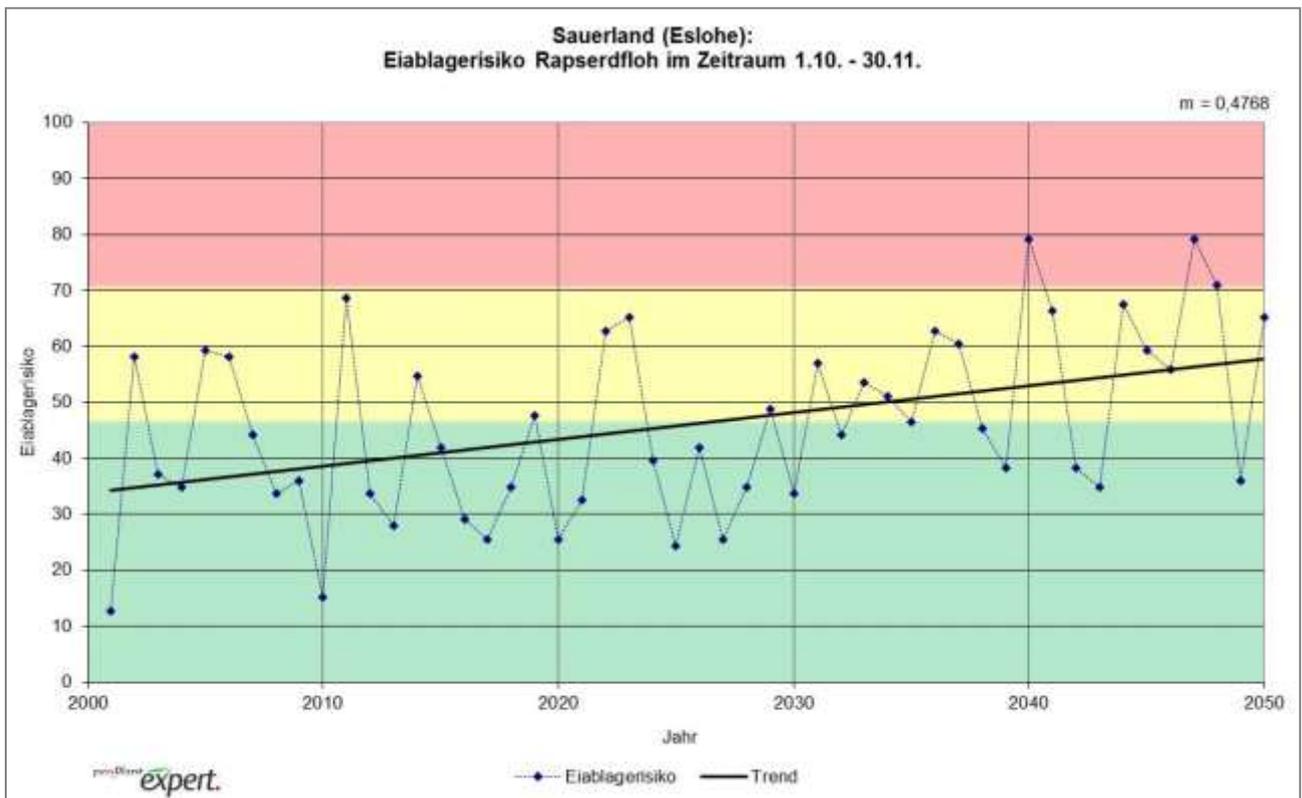


Abbildung 88

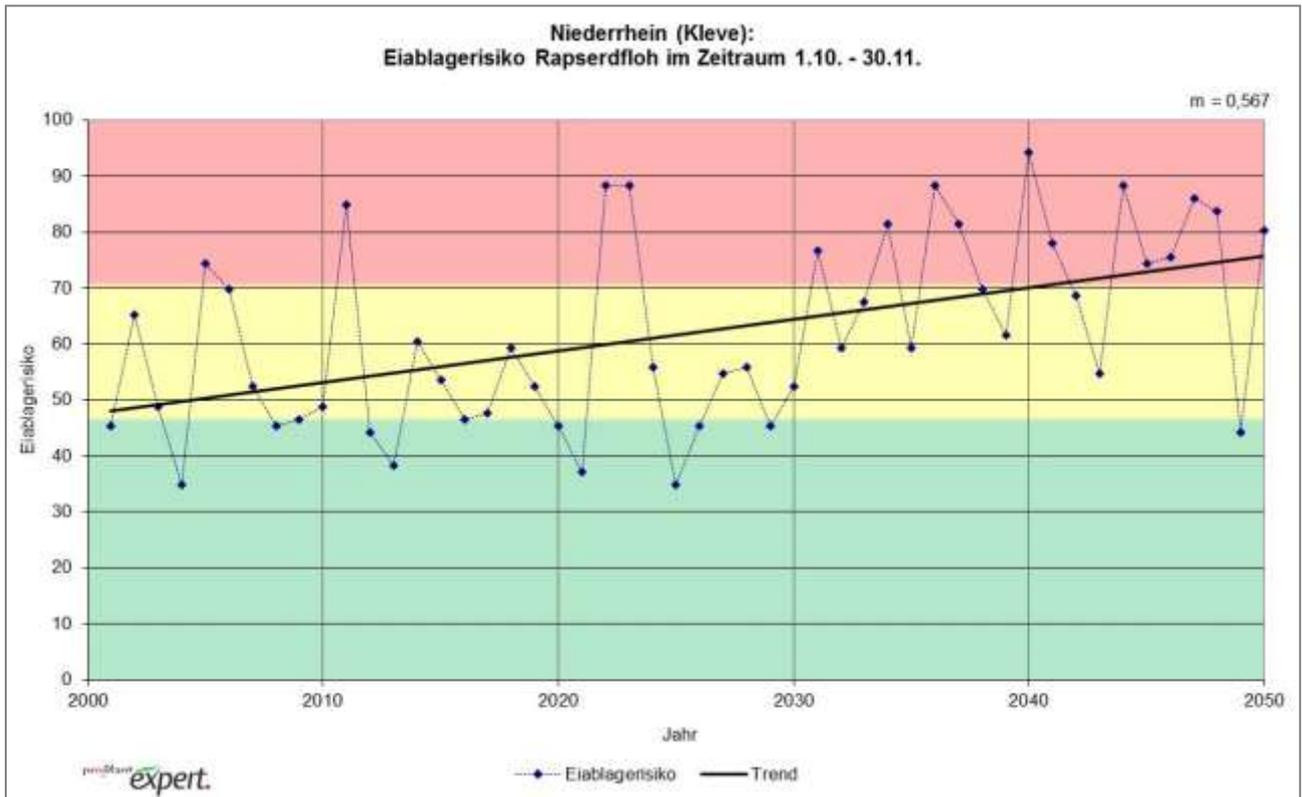


Abbildung 89

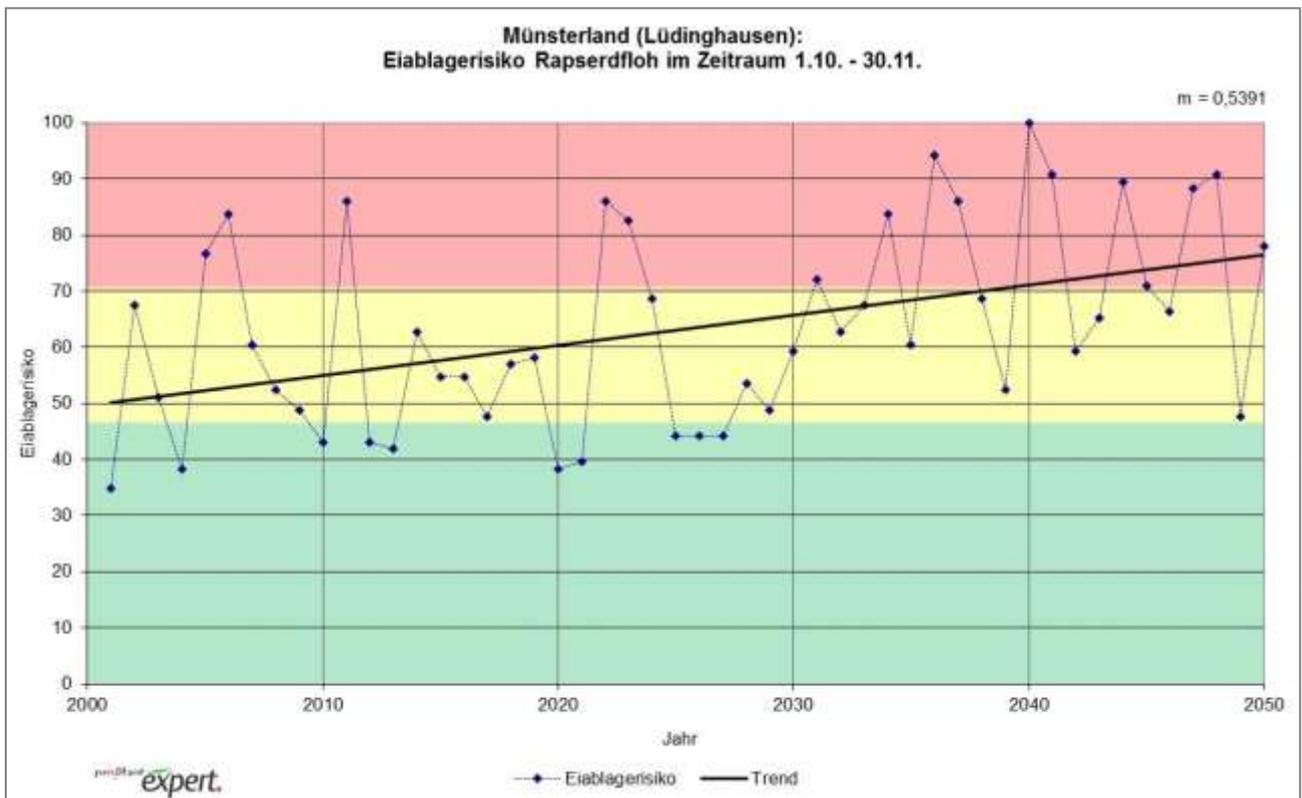


Abbildung 90

#### 4.4.3 Rapsstängelrüssler und Kohltriebrüssler

<b>Bedeutung</b>	Der Gefleckte Kohltriebrüssler ( <i>Ceutorhynchus quadridens</i> ) und der Große Rapsstängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus napi</i> ) legen im Frühjahr ihre Eier in die Blattstiele bzw. den Stängel der Rapspflanzen ab. Der nachfolgende Fraß der Larven im Stängel kann ertragsrelevant sein, so dass in Befallsjahren eine Insektizidmaßnahme gegen diese Schädlinge (teilweise kombiniert mit der Rapsglanzkäfer-Bekämpfung) durchgeführt wird. Der Rapsstängelrüssler (höheres Schadpotenzial) tritt in NRW nur vereinzelt im Rheinland auf (einer Region mit geringem Rapsanteil), der Kohltriebrüssler dominiert landesweit gesehen.
------------------	---

<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	<p>Nach dem Winter und dem Schlupf aus dem Boden hängt die Flugaktivität von der Temperatur, von der Sonnenscheindauer und von der Windgeschwindigkeit ab. Bei Maximaltemperaturen zwischen 10°C und 12°C ist schon vereinzelt Käferzuflug möglich. Die Witterungsansprüche des Rapsstängelrüsslers und des Kohltriebrüsslers sind sehr ähnlich, deshalb sind sie in den nachfolgenden Grafiken zusammen dargestellt. In den meisten Jahren verläuft ihre Zuflugperiode annähernd parallel.</p> <p>Es wurden die Zuflugbedingungen im 2-Monats-Zeitraum Januar und Februar untersucht, Zuflug in dieser Spanne bedeutet für NRW Frühbefall.</p>
--	---

<b>Trend des Zuflugrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	<p>Für die zwei Regionen Köln-Aachener Bucht und Münsterland nimmt das Zuflugrisiko deutlich zu. In den drei Regionen Übergangslagen Ostwestfalen, Höhenlagen Sauerland und Niederrhein bleibt das Infektionsrisiko dagegen konstant. In der Region Ostwestfalen ist eine geringere Zunahme des Zuflugrisikos zu erwarten.</p> <p>Für die drei Regionen Ostwestfalen, Köln-Aachener Bucht und Münsterland nehmen auch die Schwankungen zwischen den Jahren zu.</p> <p>In einzelnen Jahren wird in bestimmten Regionen ein neues Niveau für NRW erreicht werden. (z.B. Ostwestfalen, Köln-Aachener Bucht).</p> <p>Die Rangfolge der Boden-Klima-Räume untereinander hinsichtlich ihres Ei-ablagerisikos bleibt im Wesentlichen erhalten (Köln-Aachener-Bucht mit deutlich höherem Risiko als Übergangslagen Ostwestfalen und Sauerland).</p>
--	---

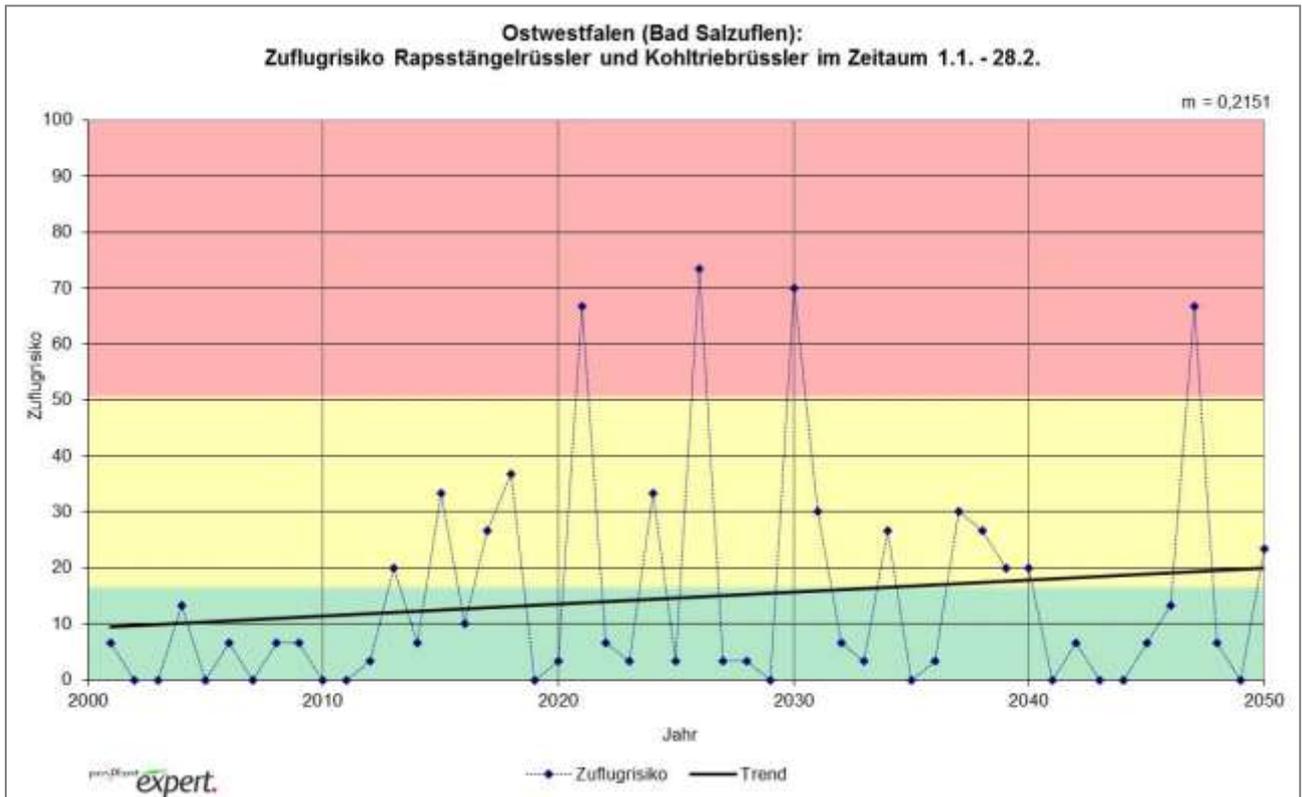


Abbildung 91

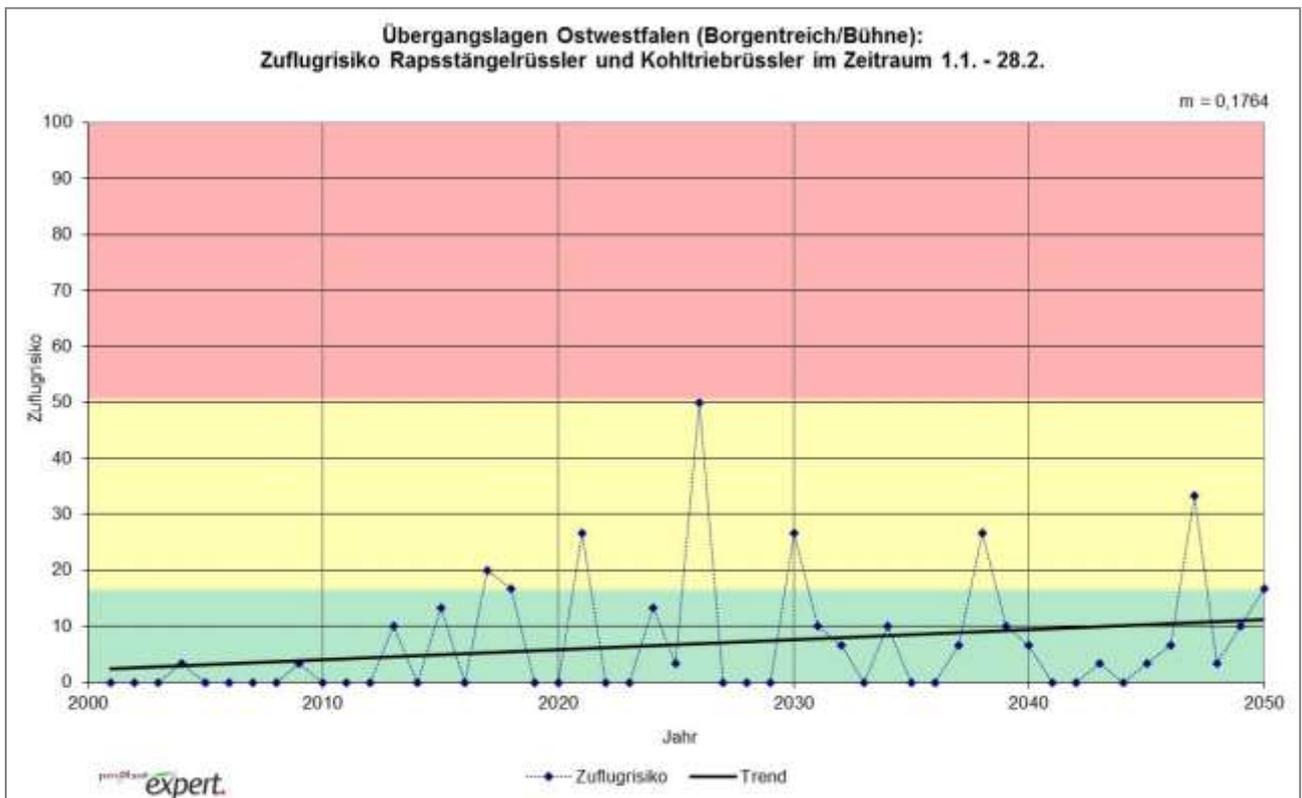


Abbildung 92

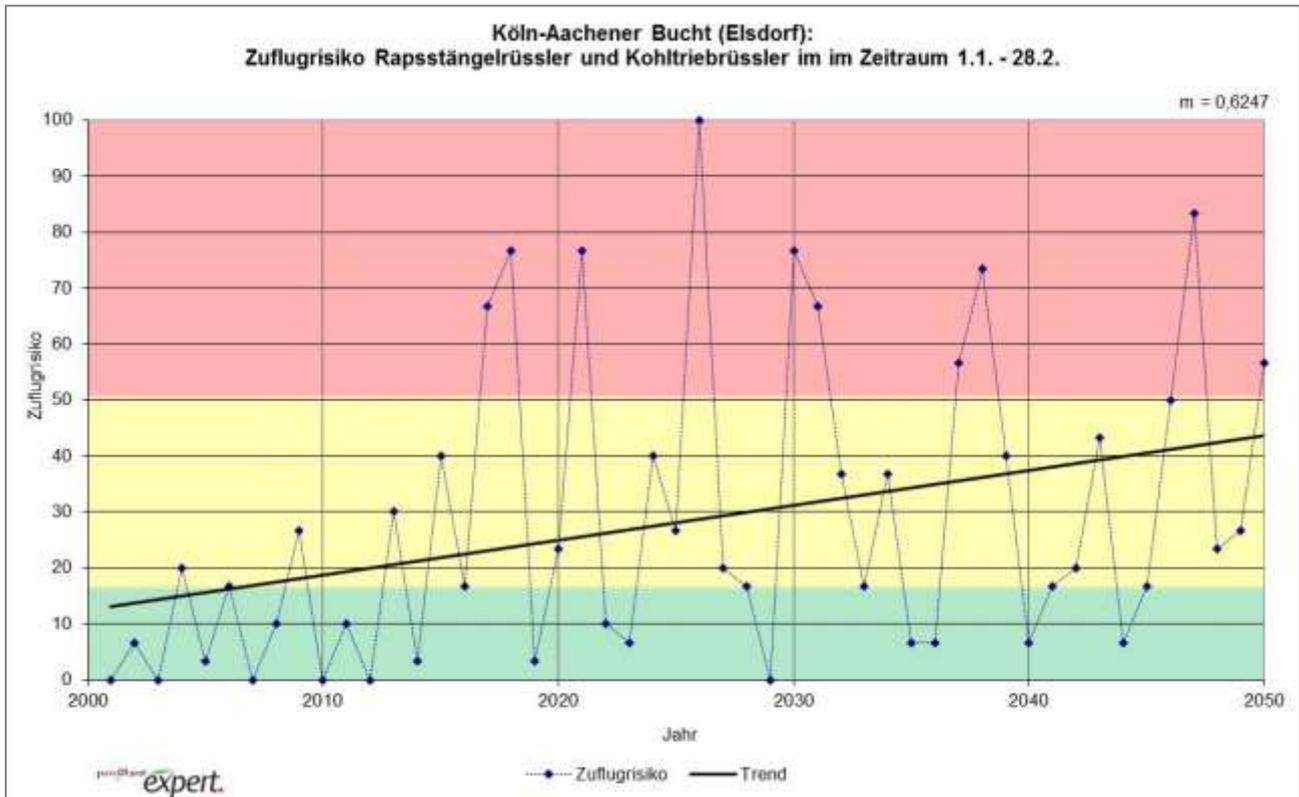


Abbildung 93

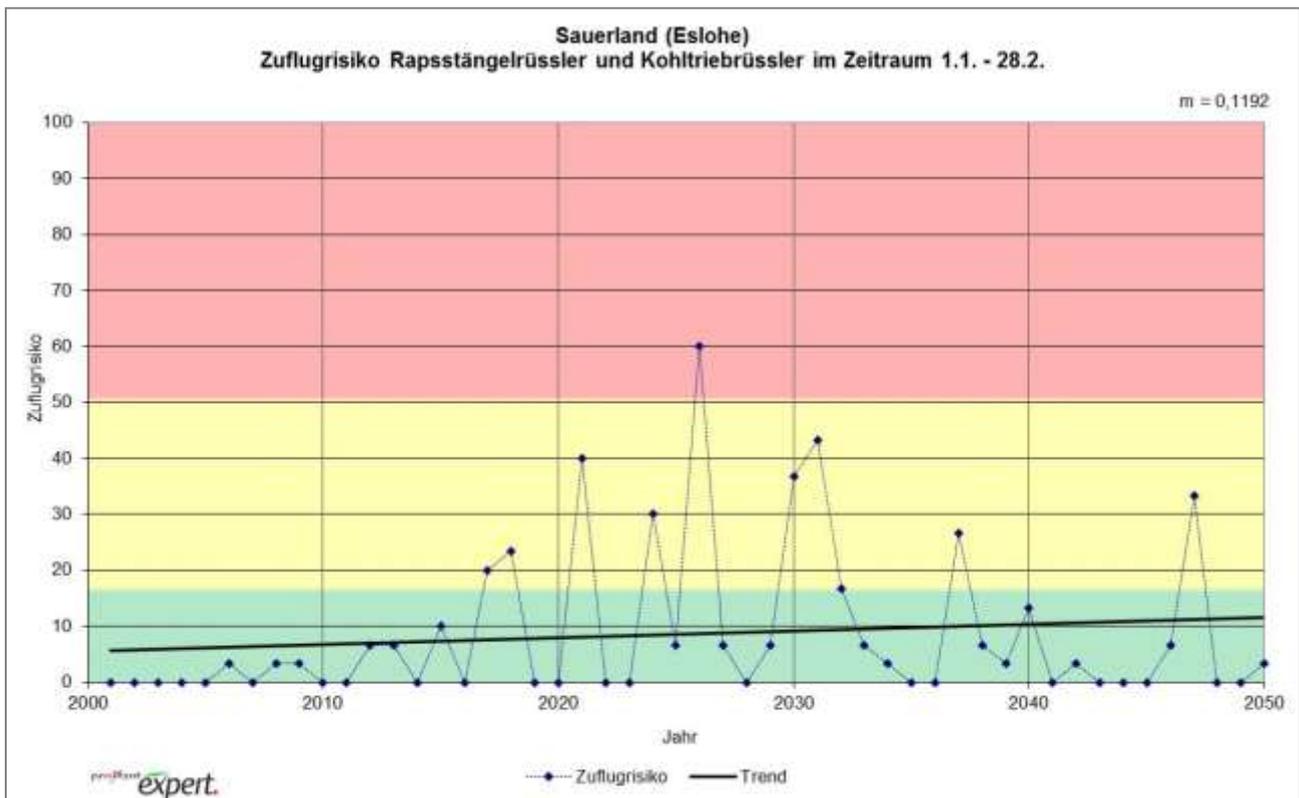


Abbildung 94

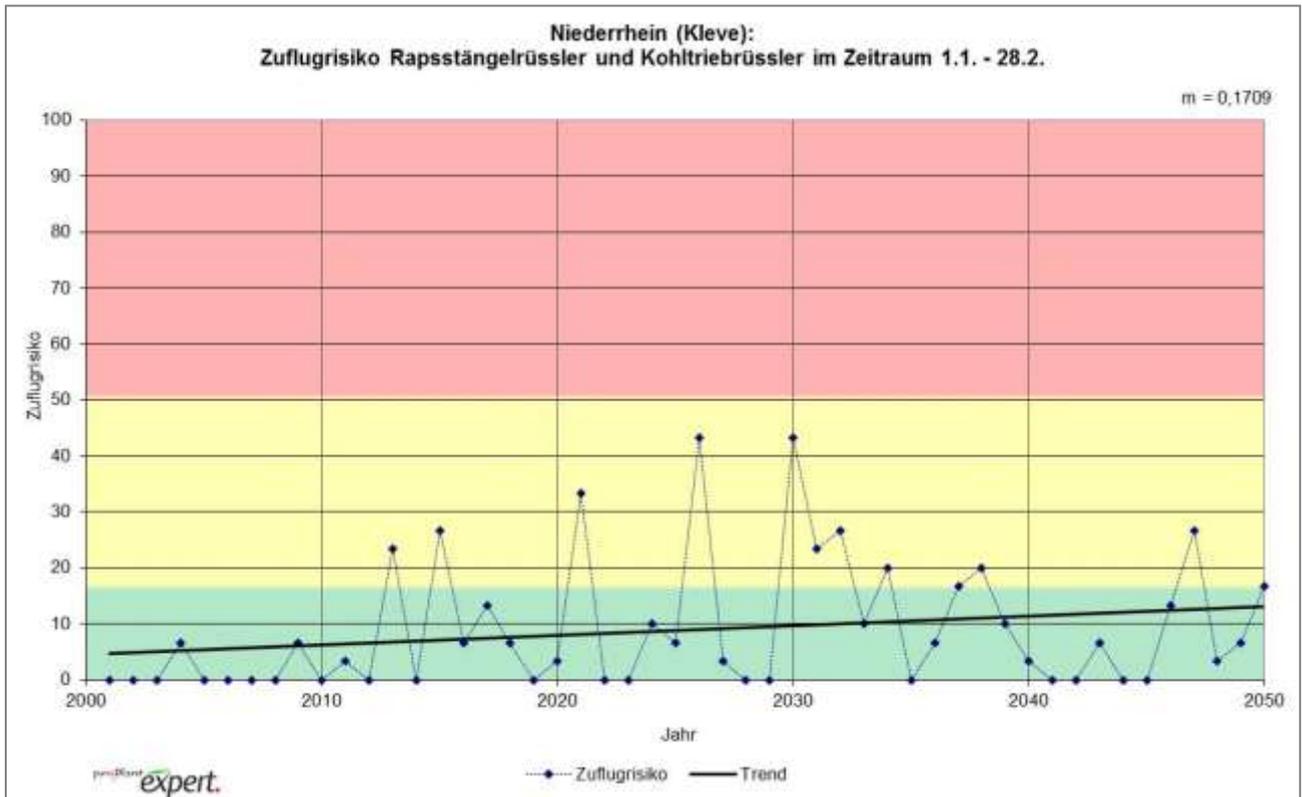


Abbildung 95

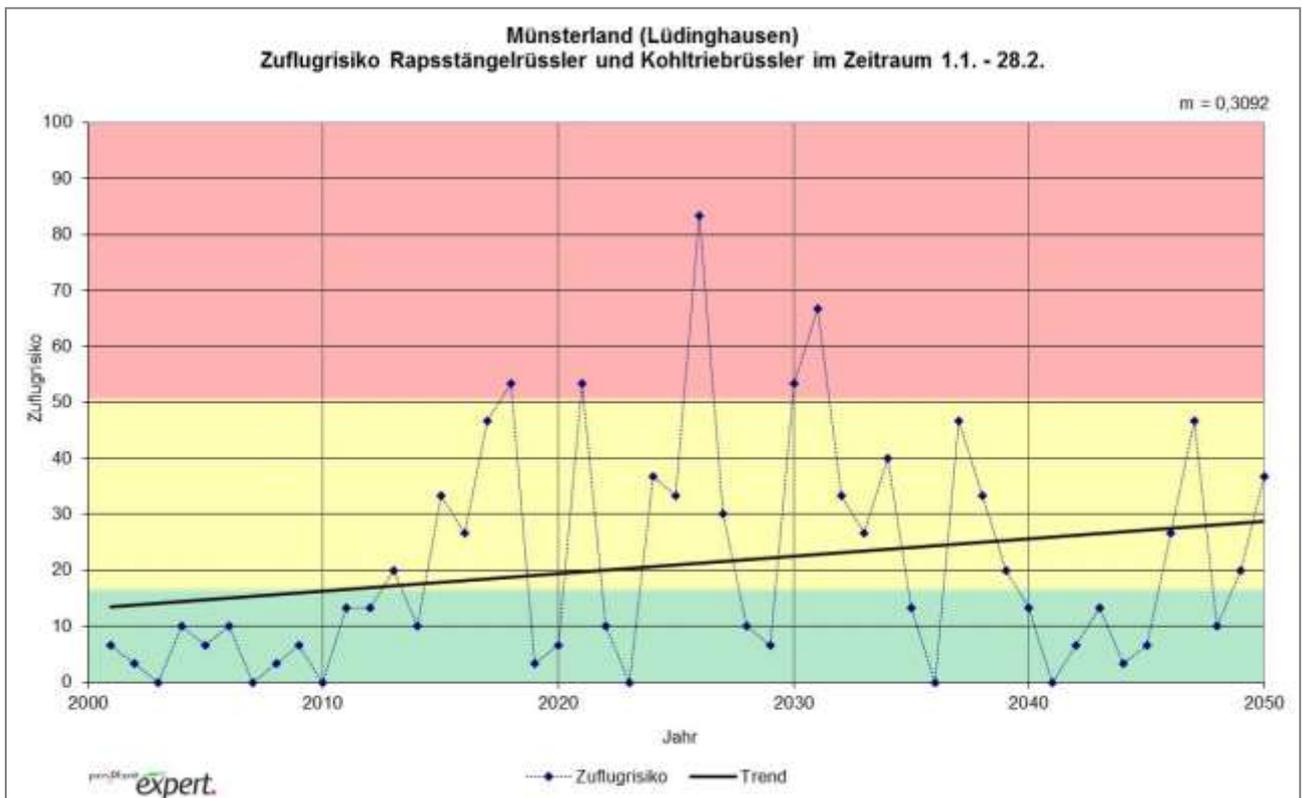


Abbildung 96

#### 4.4.4 Rapsglanzkäfer

<b>Bedeutung</b>	Der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> ) kann durch Knospenfraß zu Ertragsverlusten führen. In Befallsjahren werden 1-2 Insektizidmaßnahmen gegen diese Schädlinge durchgeführt (teilweise kombiniert mit der Stängelrüssler-Bekämpfung). Gegen bestimmte Insektizide (Pyrethroide) hat der Käfer eine Resistenz entwickelt.
<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	Erst bei höheren Temperaturen (über 20°C) setzt Massenzuflug ein, untersucht wurden die Zuflugbedingungen im 2,5-Monats-Zeitraum 1. Februar bis 15. April. In der Regel ist davor kein Zuflug möglich und danach nicht mehr bekämpfungswürdig (Beginn Blüte des Rapses).
<b>Trend des Zuflugrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	<p>Für fünf Regionen ist kein Trend erkennbar, nur für die Region Köln-Aachener Bucht ein geringfügig erhöhtes Zuflugrisiko.</p> <p>Die Besonderheit bei diesem Schädling ist, dass die wegen der Einheitlichkeit gewählte Trendgerade die Entwicklung unzureichend abbildet und eine nach oben offene Parabel besser geeignet wäre (siehe zusätzliche Linie in allen sechs Grafiken sowie die ergänzenden Wettergrafiken für die Regionen Ostwestfalen und Köln-Aachener Bucht). In der Dekade 2020-2029 liegt das Zuflugrisiko niedriger als in den Dekaden davor und danach.</p> <p>Die Rangfolge der Boden-Klima-Räume untereinander hinsichtlich ihres Zuflugrisikos bleibt im Wesentlichen erhalten (Köln-Aachener-Bucht mit deutlich höherem Risiko als Übergangslagen Ostwestfalen und Sauerland).</p>

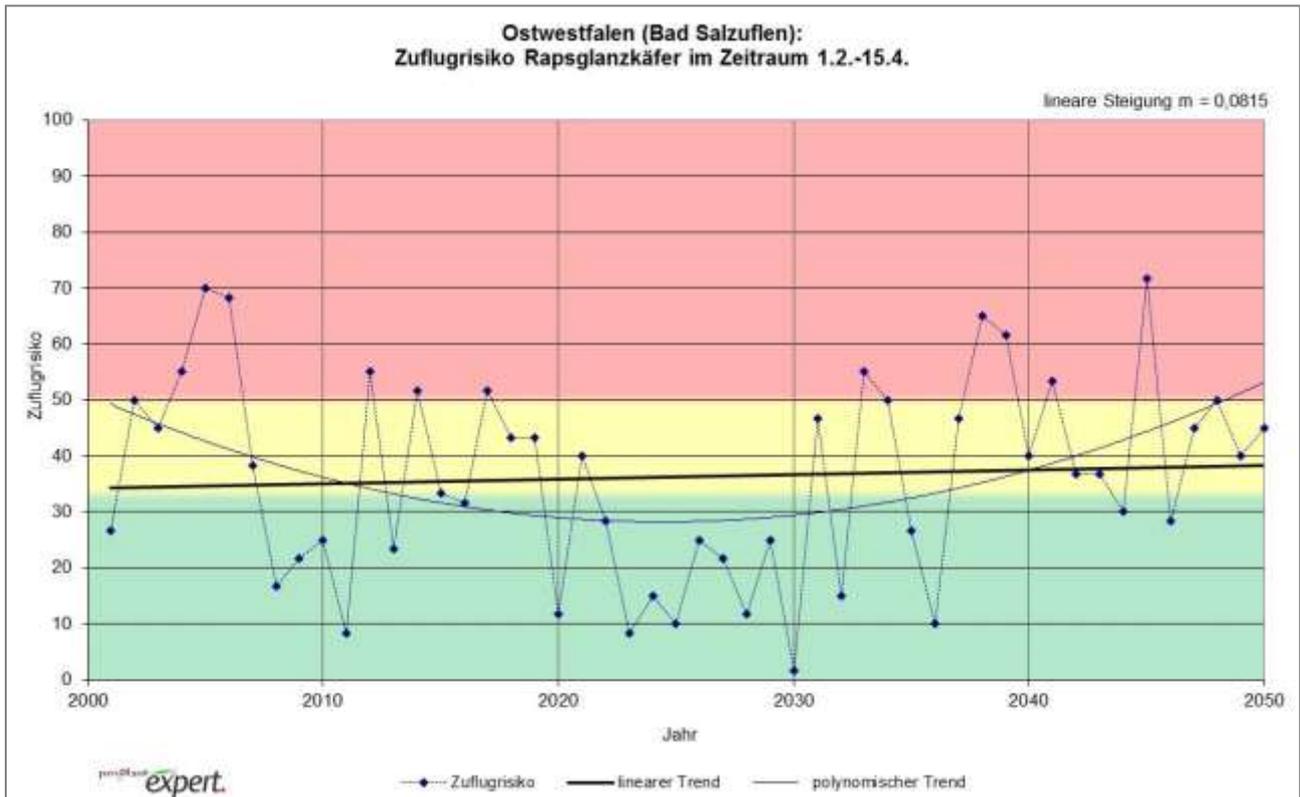


Abbildung 97

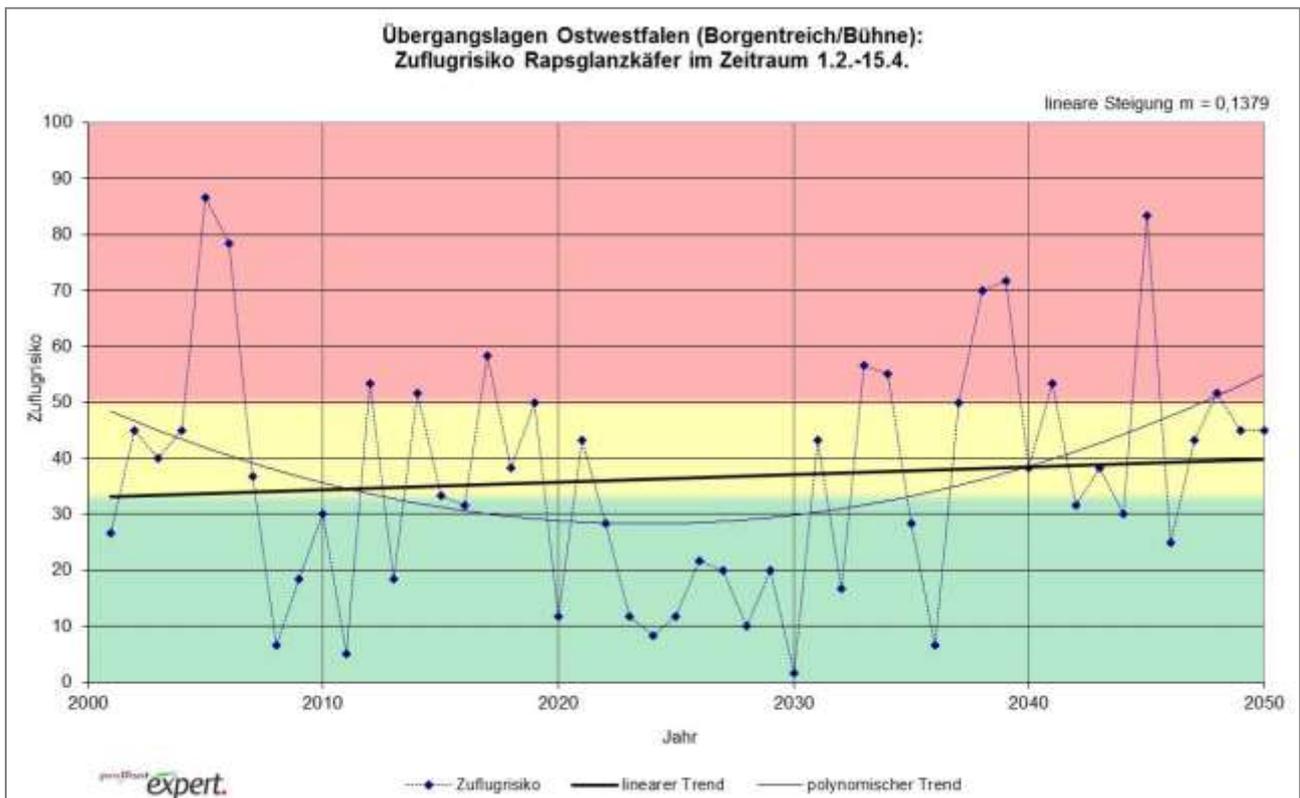


Abbildung 98

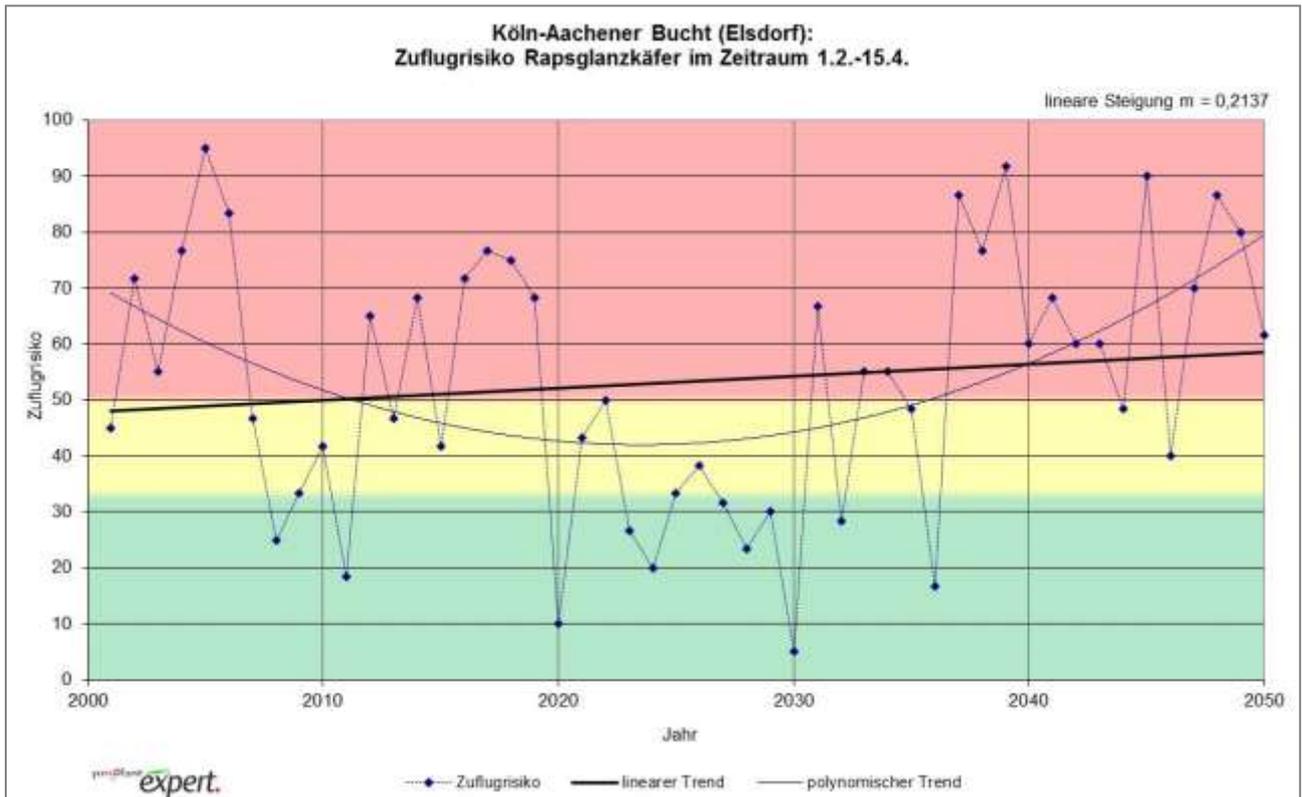


Abbildung 99

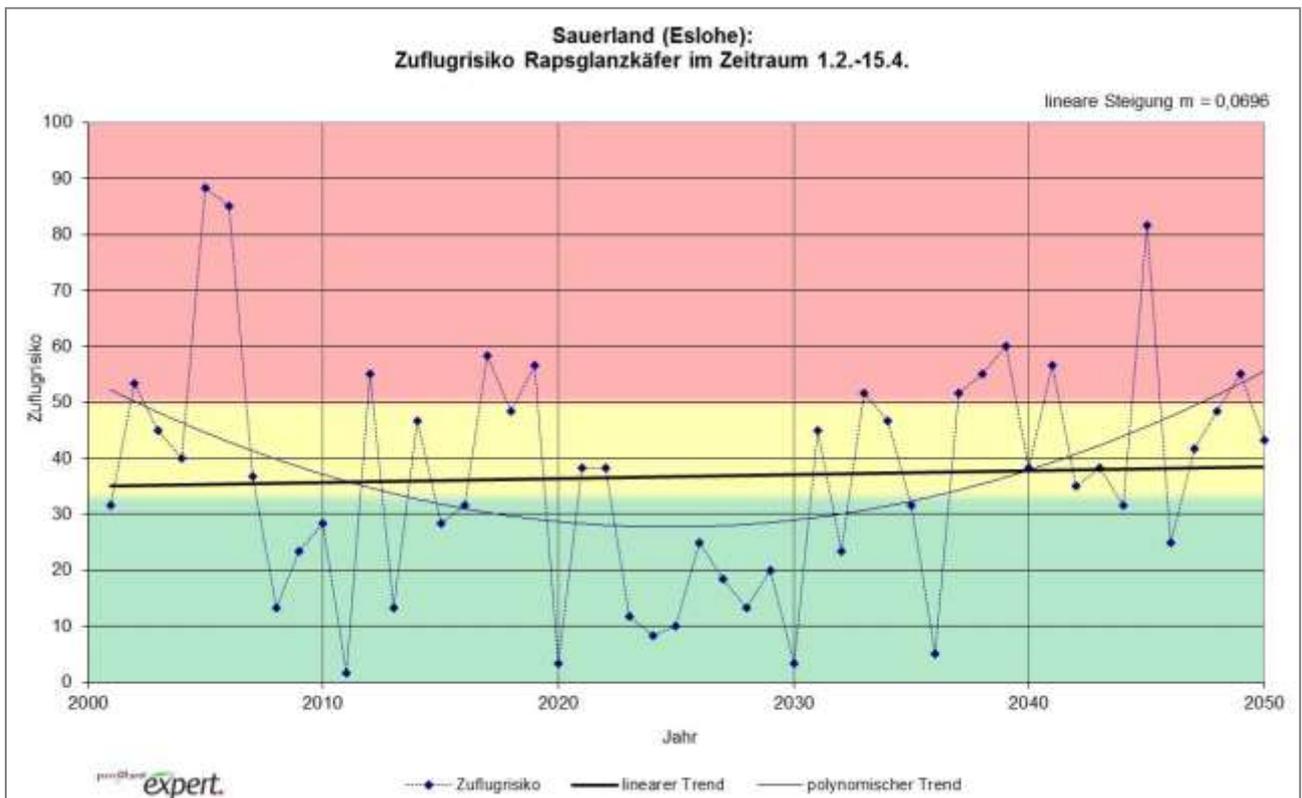


Abbildung 100

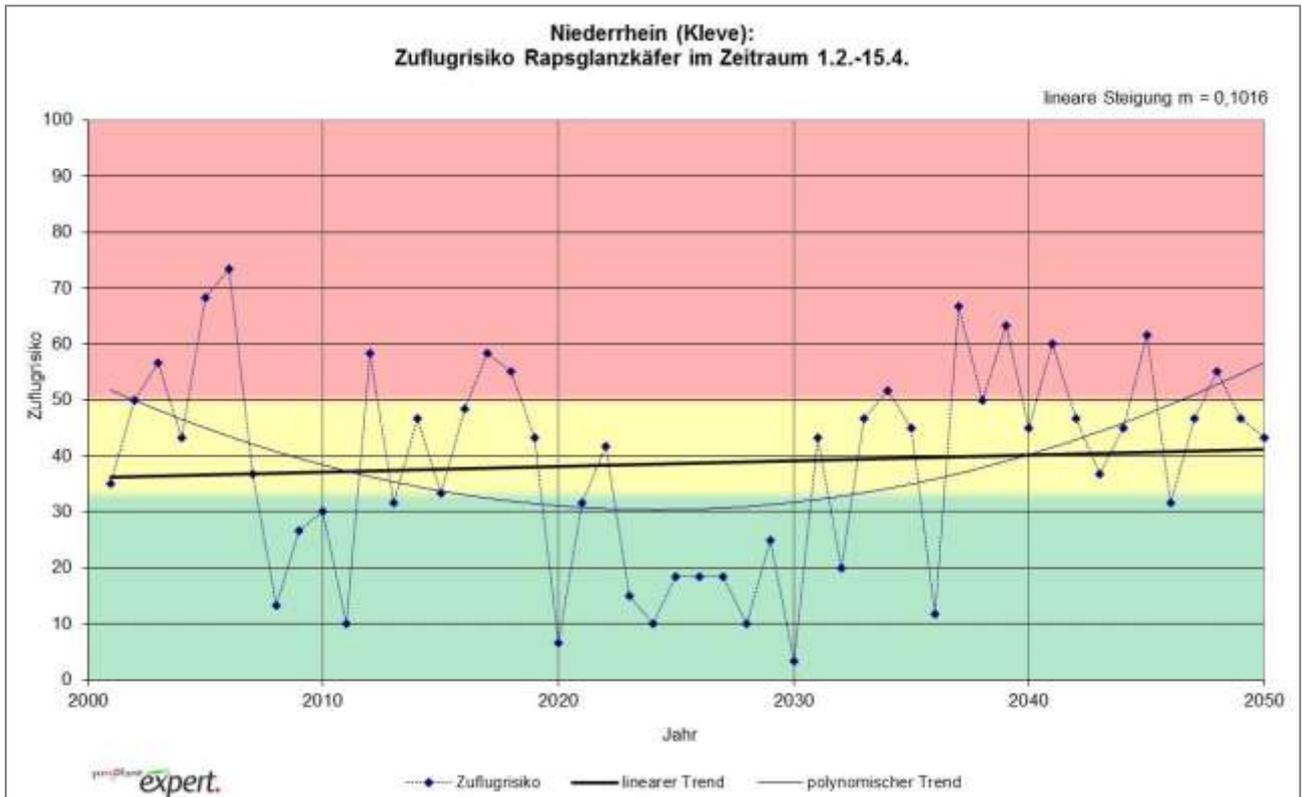


Abbildung 101

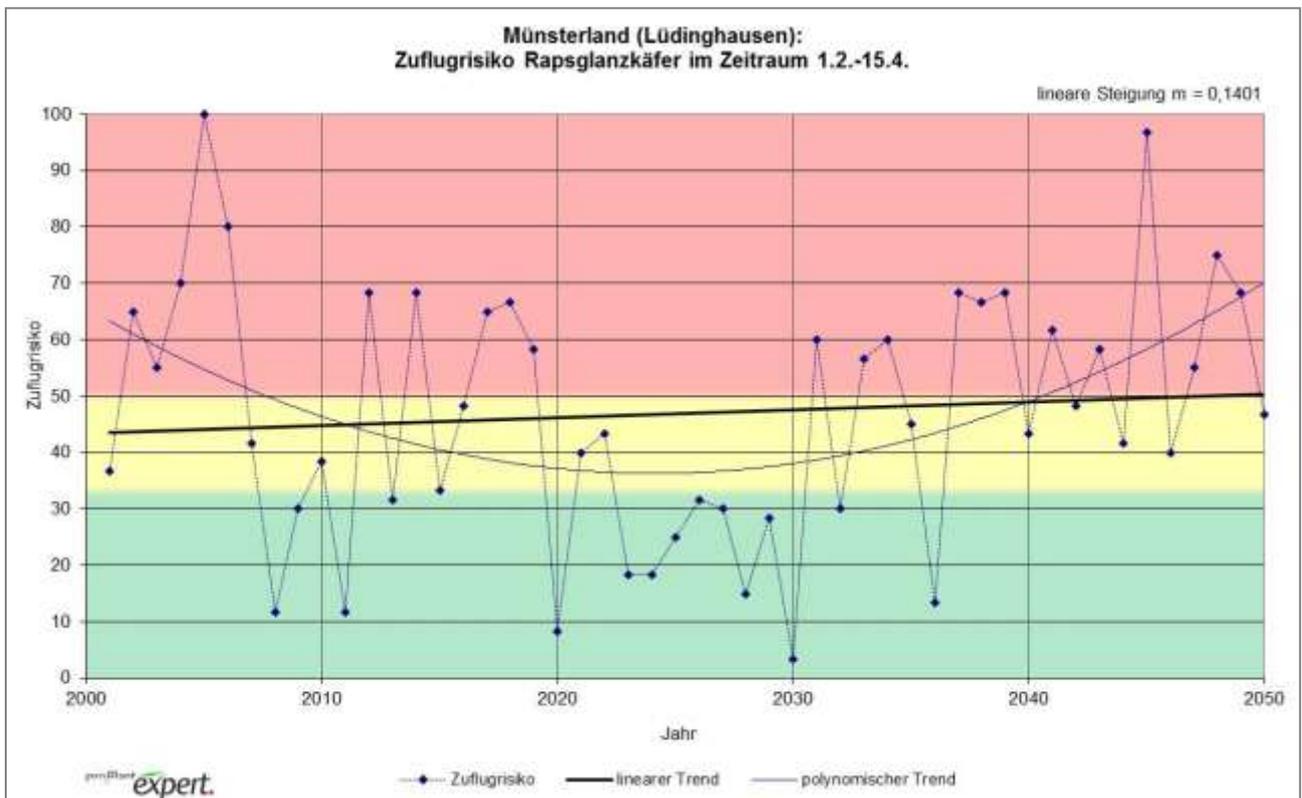


Abbildung 102

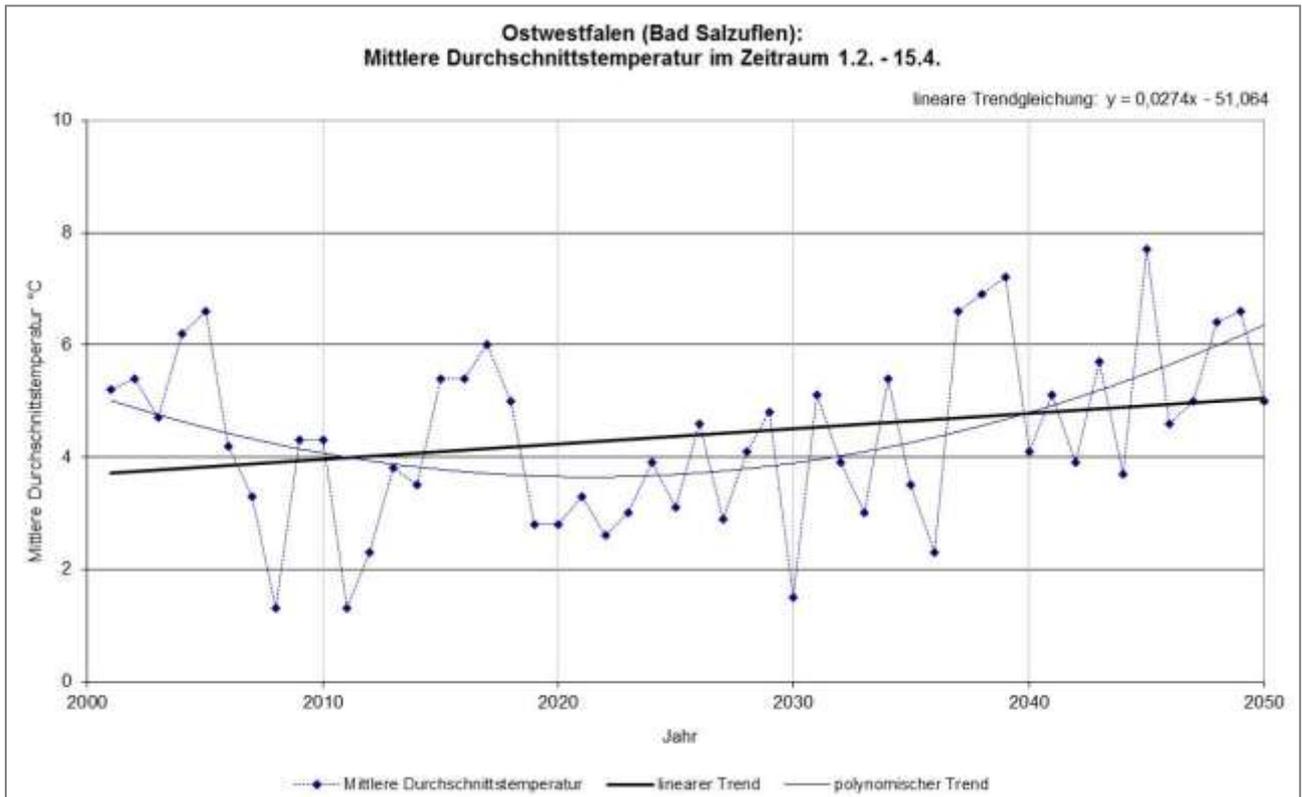


Abbildung 103

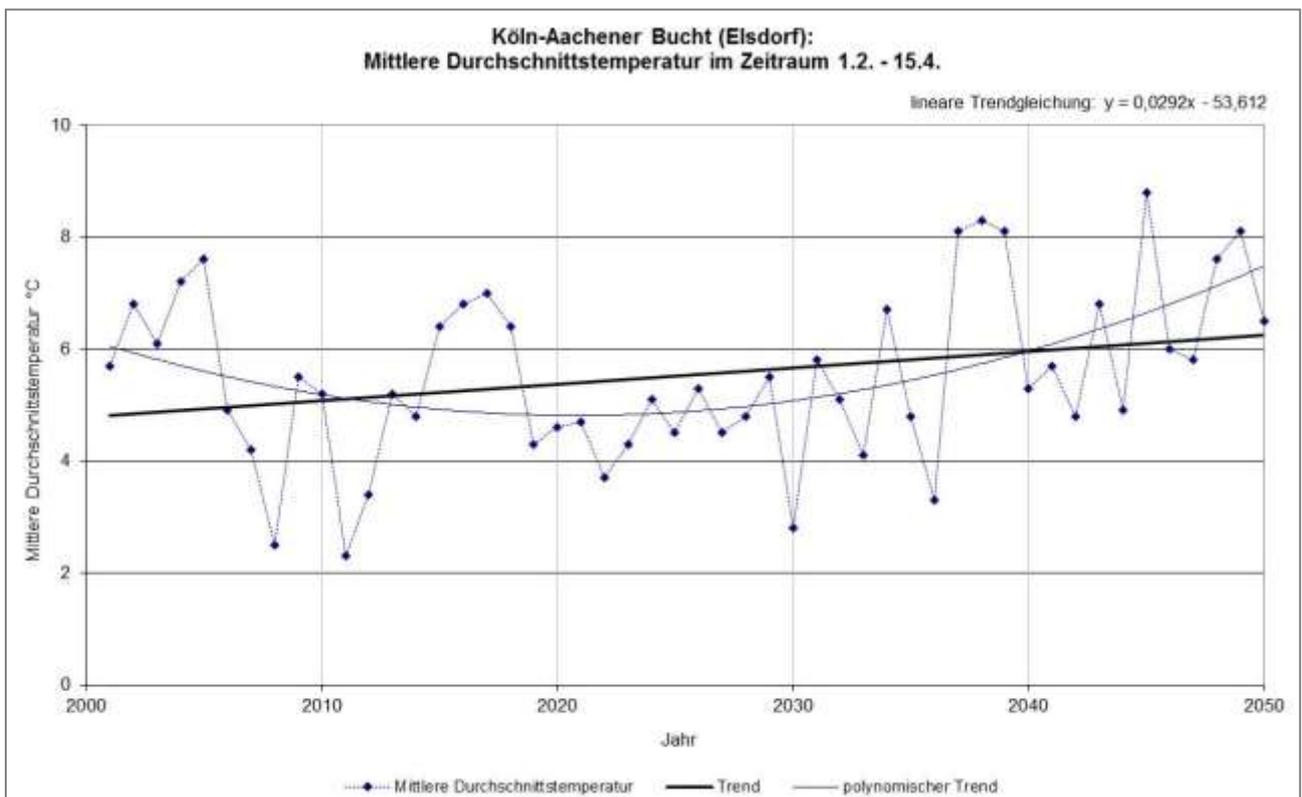


Abbildung 104

#### 4.4.5 Blütenschädlinge

<b>Bedeutung</b>	Sowohl der Kohlschotenrüssler ( <i>Ceuthorrhynchus assimilis</i> ) als auch die Kohlschotenmücke ( <i>Dasineura brassicae</i> ) schädigen ausschließlich durch die Larven, die in den Schoten fressen. Der Rüssler ist Wegbereiter für die Mücke, da sie seine Bohrlöcher benötigt. Bei gleichem Befall sind die Schäden durch die Mücke größer, weil alle Samen einer befallenen Schote nach deren Aufplatzen verloren gehen, während beim Rüssler nur einzelne Samen geschädigt werden. In Befallsjahren ist eine einmalige kombinierte Insektizidmaßnahme gegen diese beiden Schädlinge notwendig.
------------------	---

<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	<p>Für den Kohlschotenrüssler sind optimale Zuflugbedingungen bei mehr als 16 °C und mindestens fünf Stunden Sonne bzw. 19 °C mit drei Stunden Sonne gegeben.</p> <p>Die Kohlschotenmücke fliegt an sehr warmen, sonnigen und windstillen Tagen.</p> <p>Als Zeitraum (im Vergleich zu den anderen Erregern relativ kurz) wurde 20. April bis 5. Mai untersucht, wobei dies die Durchschnittsspanne für die Rapsblüte in NRW darstellen soll.</p>
--	--

<b>Trend des Zuflugrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	<p>Kohlschotenrüssler: Für die zwei Regionen Ostwestfalen und Niederrhein nimmt das Zuflugrisiko deutlich zu. In der Region Höhenlagen Sauerland bleibt das Zuflugrisiko dagegen konstant. In den anderen drei Regionen ist eine geringere Zunahme des Zuflugrisikos zu erwarten.</p> <p>Kohlschotenmücke: Für die drei Regionen Ostwestfalen, Übergangslagen Ostwestfalen und Münsterland nimmt das Zuflugrisiko deutlich zu. In den beiden Regionen Höhenlagen Sauerland und Niederrhein bleibt das Zuflugrisiko dagegen konstant. In der Region Köln-Aachener Bucht ist eine geringere Zunahme des Zuflugrisikos zu erwarten.</p> <p>Für den Kohlschotenrüssler bleibt die Rangfolge der Boden-Klima-Räume untereinander hinsichtlich ihres Zuflugrisikos im Wesentlichen erhalten, für die Kohlschotenmücke wird das Münsterland zur Region mit dem höchsten Risiko, das Sauerland bleibt die Region mit dem niedrigsten Risiko.</p>
--	--

4.4.5.1 Kohlschotenrüssler: Trend des Zuflugrisikos

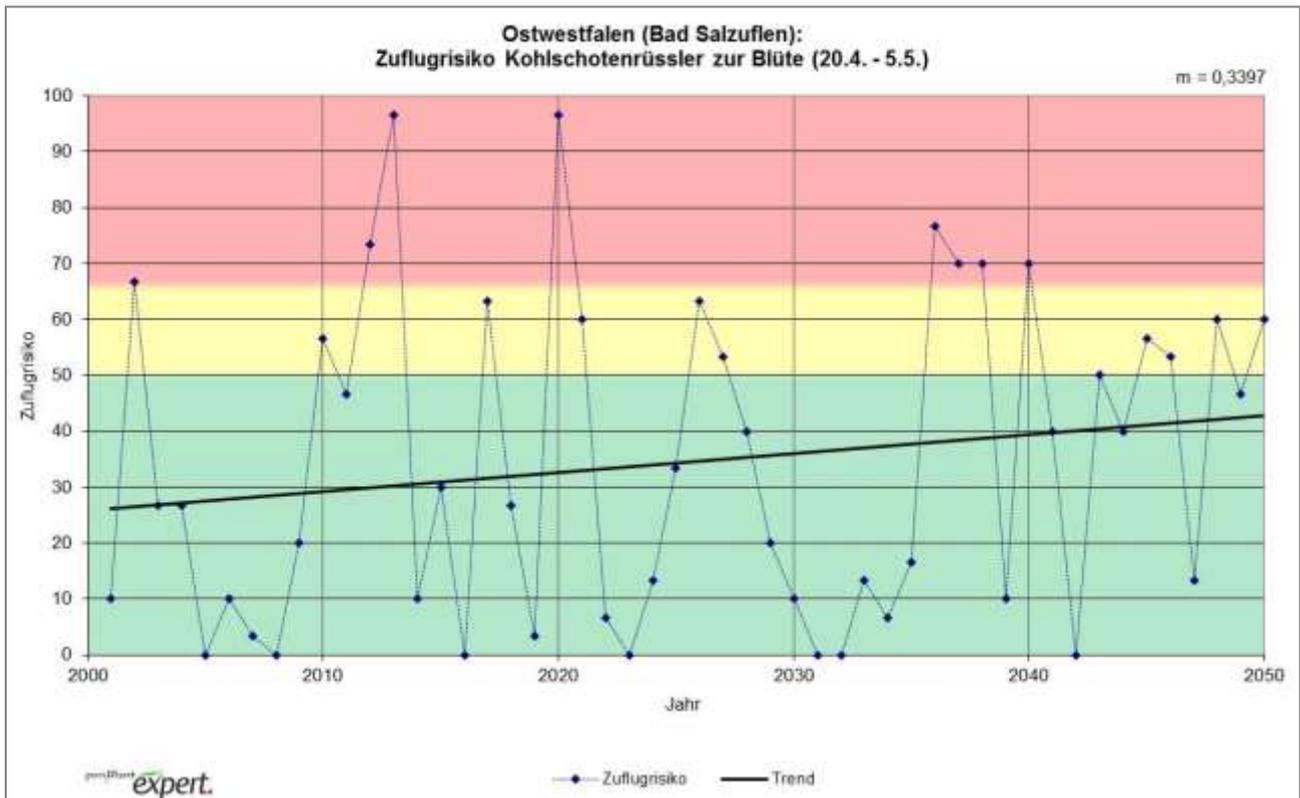


Abbildung 105

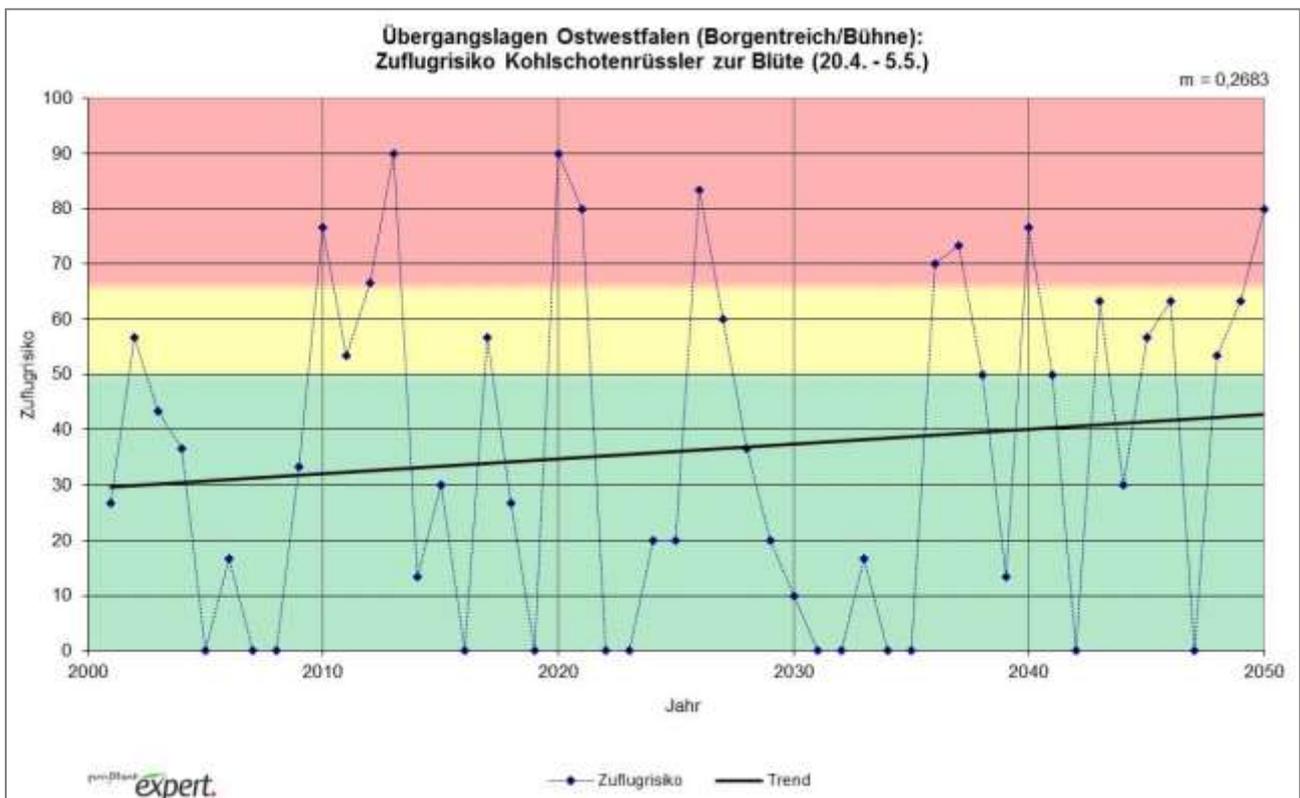


Abbildung 106

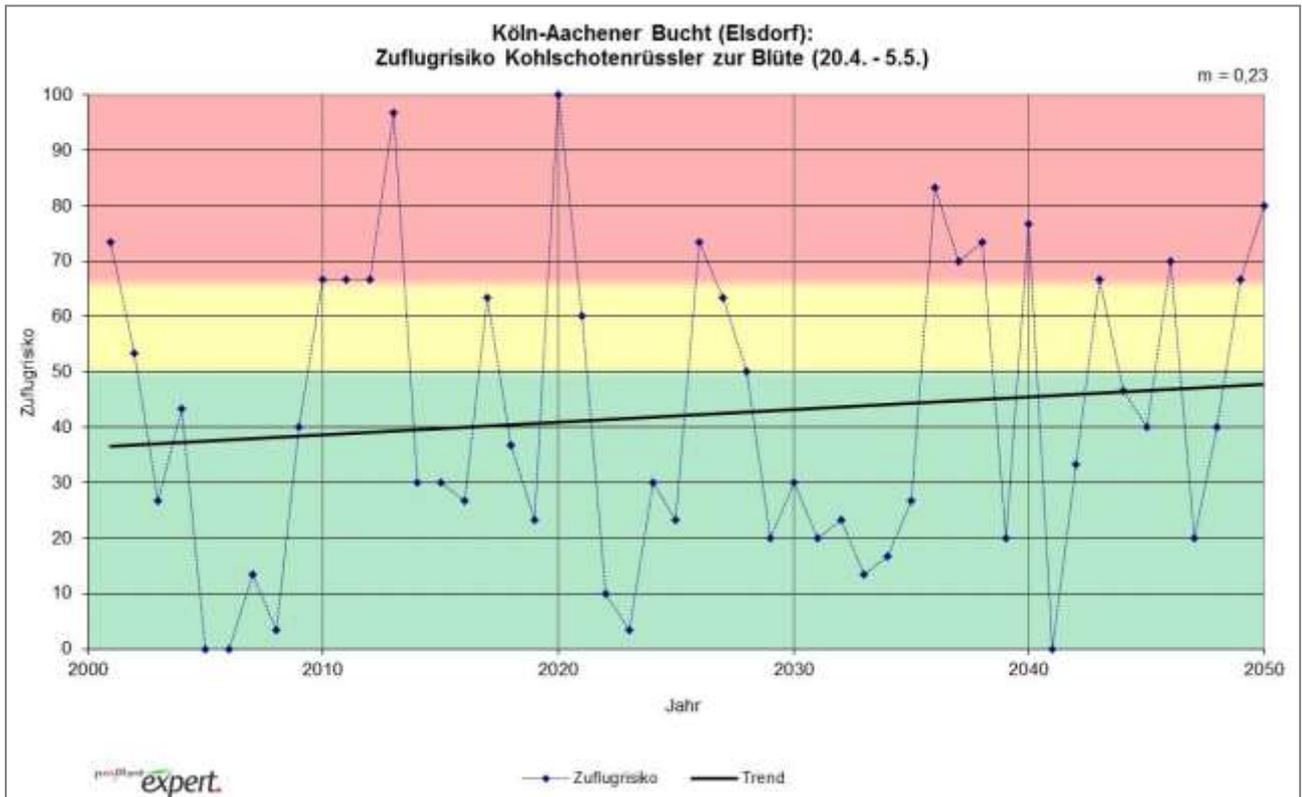


Abbildung 107

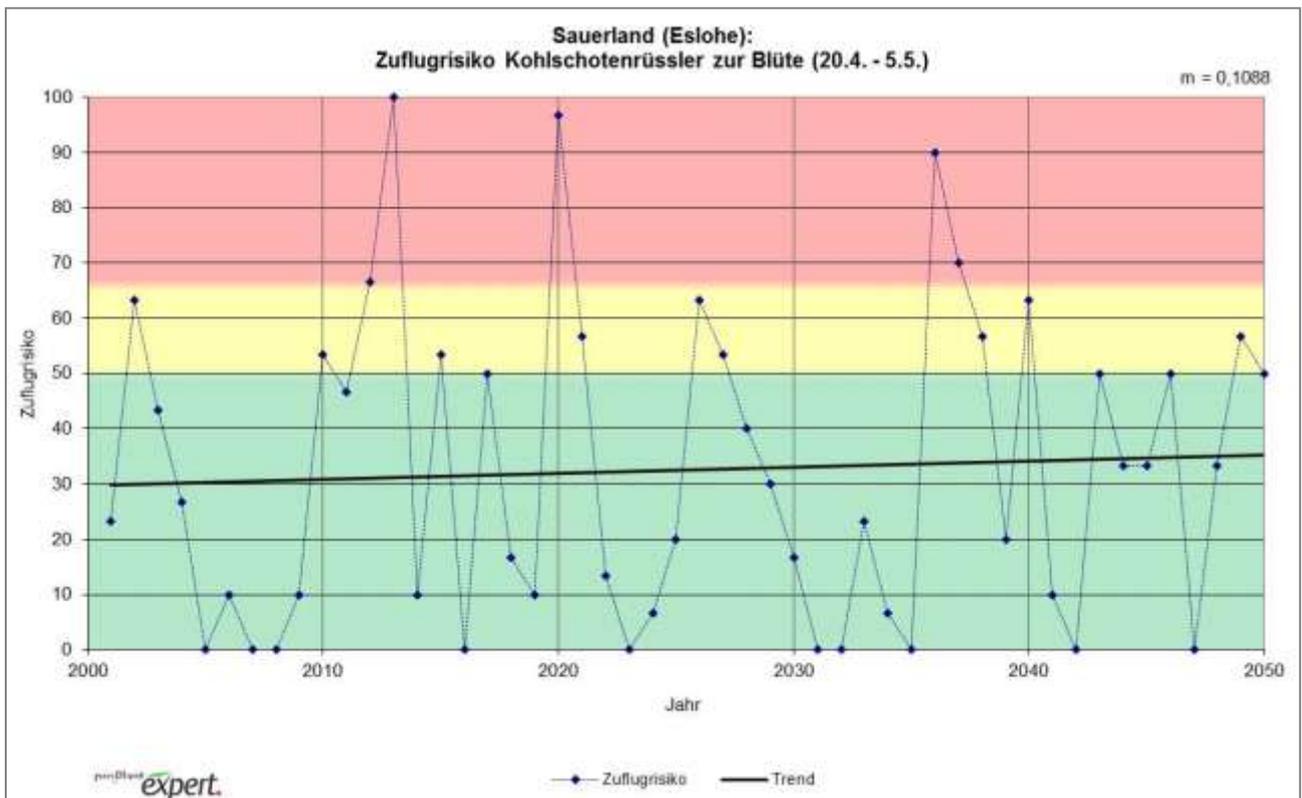


Abbildung 108

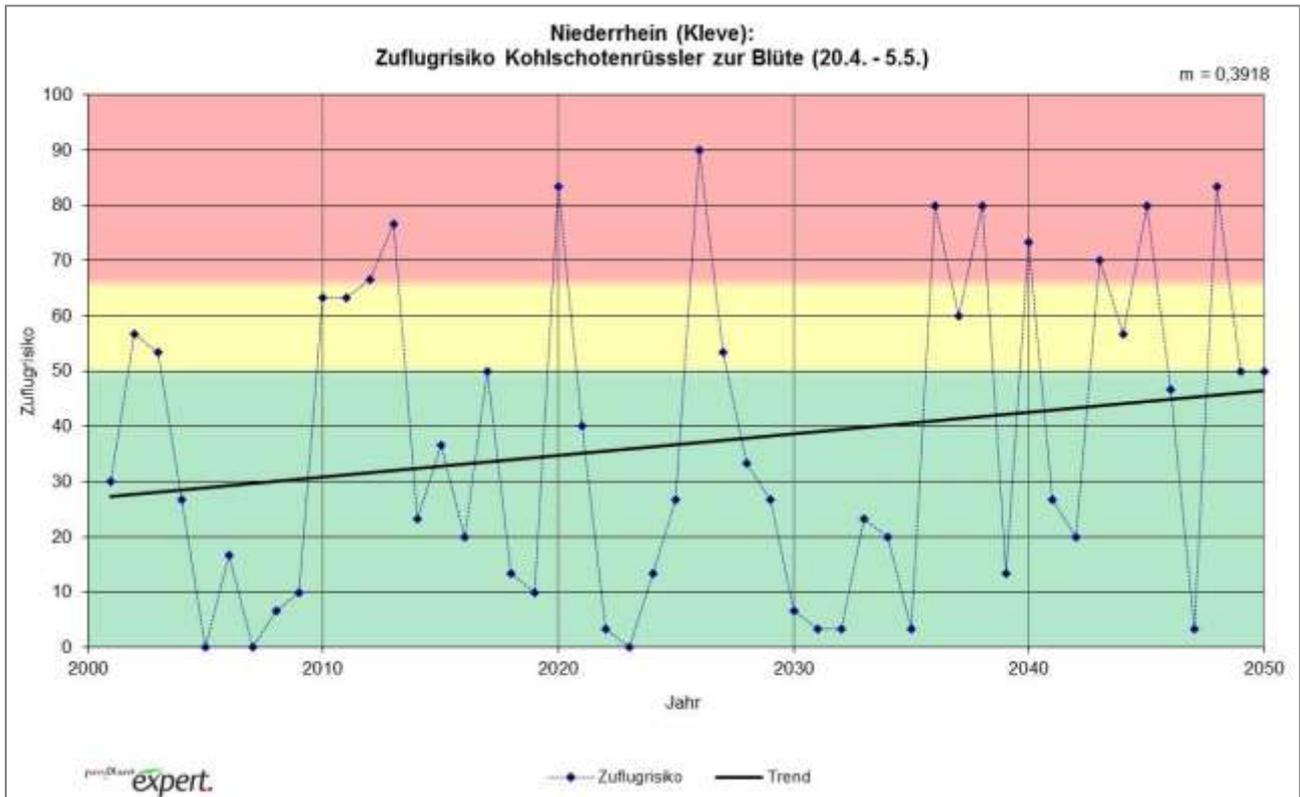


Abbildung 109

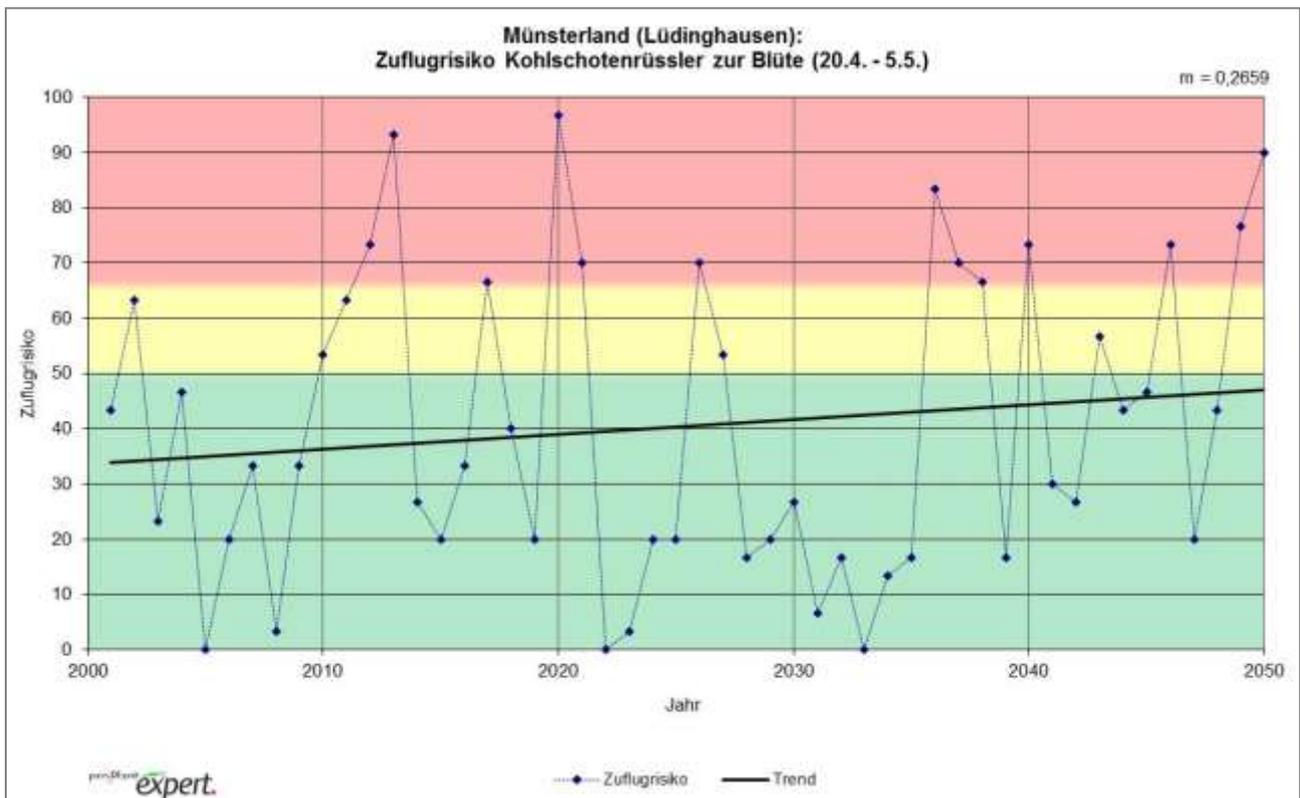


Abbildung 110

4.4.5.2 Kohlschotenmücke: Trend des Zuflugsrisikos

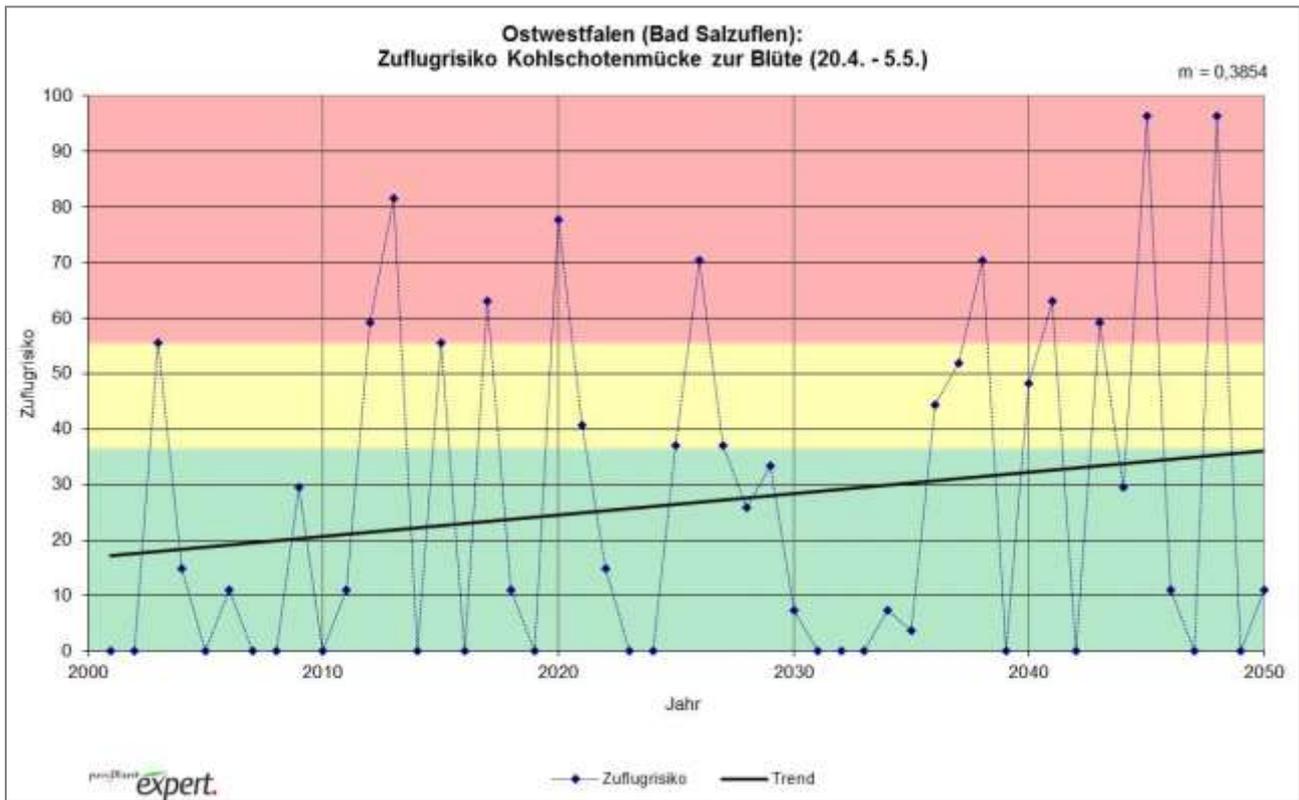


Abbildung 111

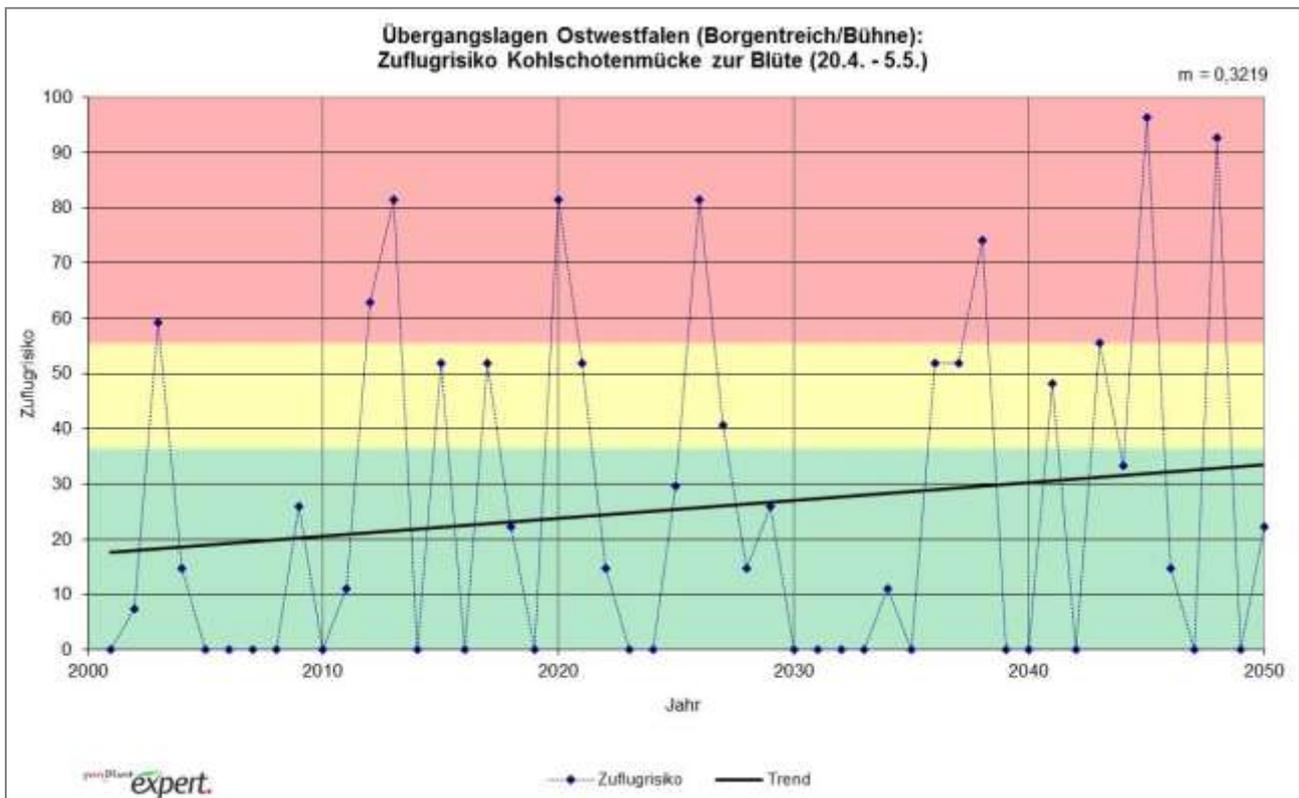


Abbildung 112

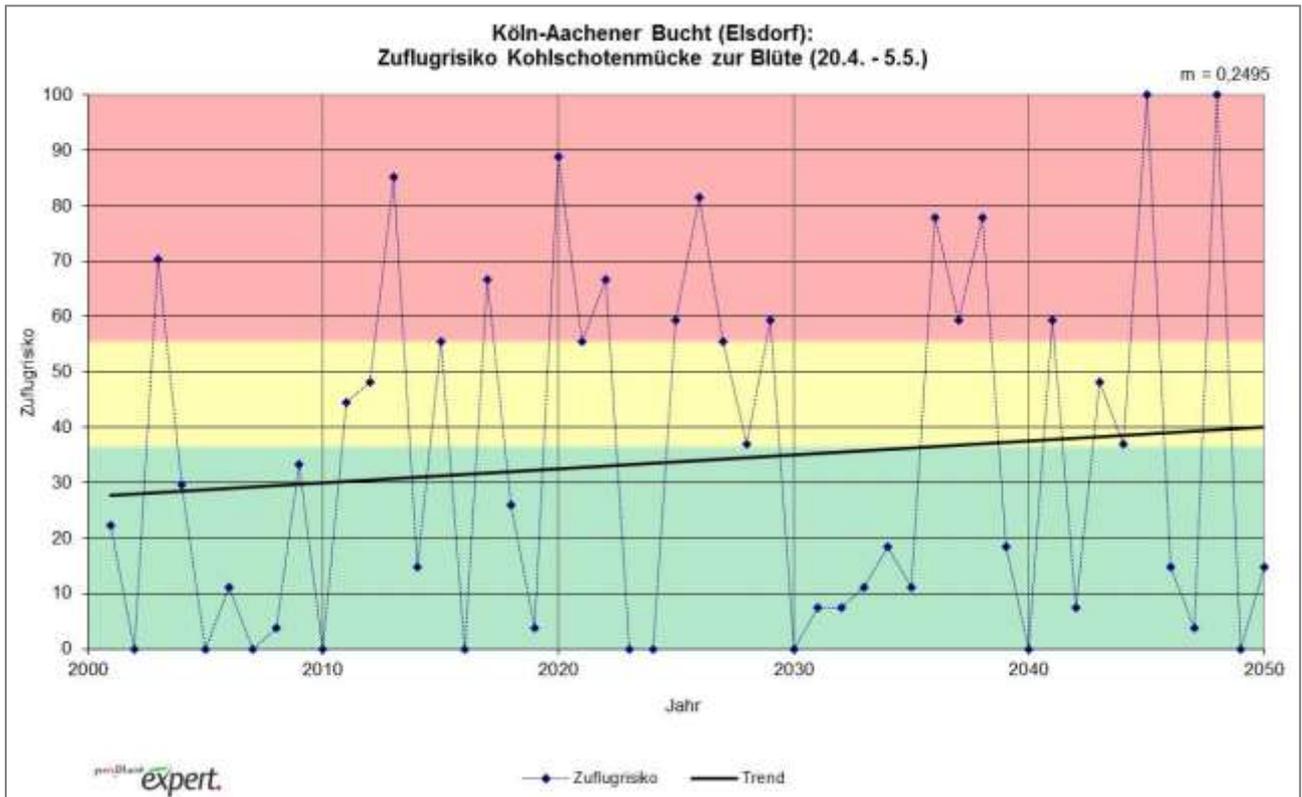


Abbildung 113

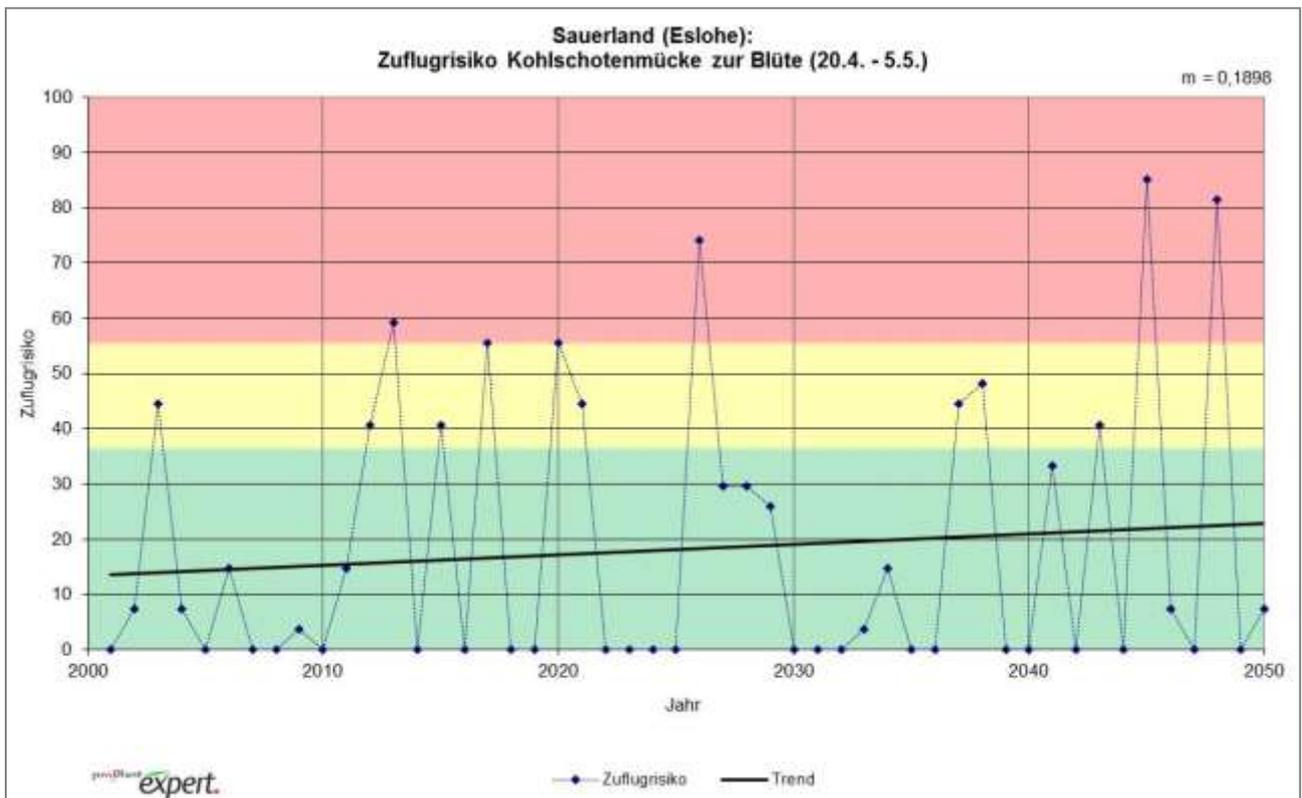


Abbildung 114

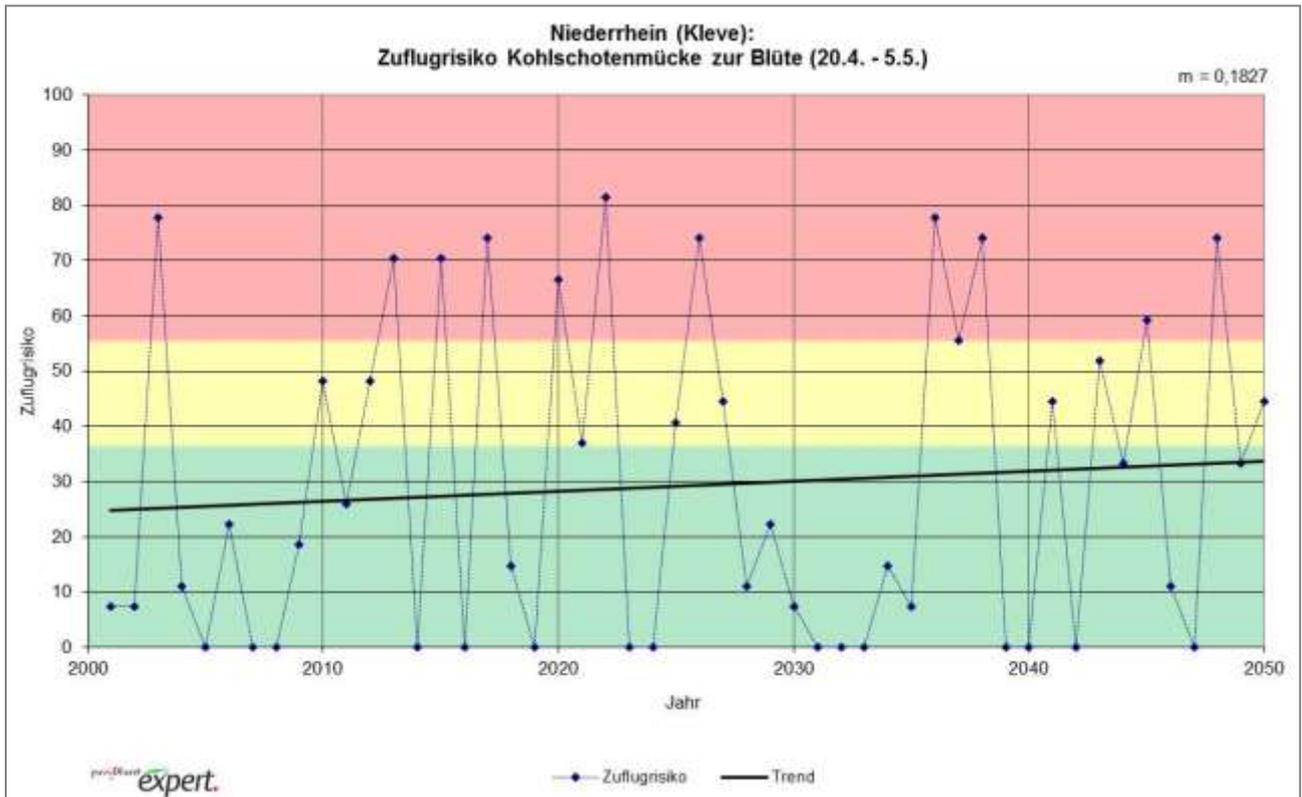


Abbildung 115

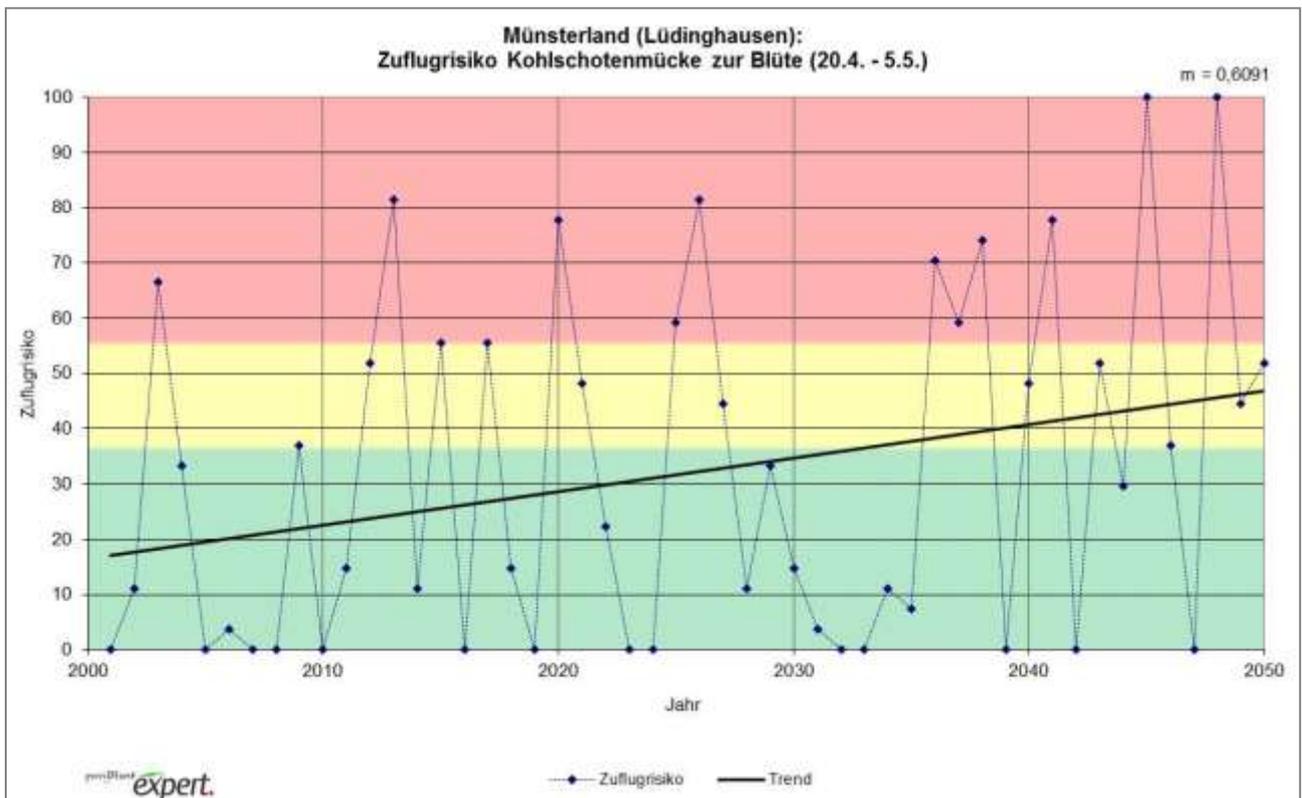


Abbildung 116

#### 4.4.6 Fazit Raps

Für drei Schädlinge (Rapsglanzkäfer, Kohlschotenrüssler, Kohlschotenmücke) sowie für den Pilz Phoma beschreiben die ausgewählten Kennzahlen den gesamten für die Befallsentwicklung interessanten Zeitraum. Für die anderen drei Schädlinge wurde anhand der Kennzahlen jeweils lediglich ein zeitlicher Ausschnitt analysiert.

Am eindeutigsten ist der Trend für die Rapserrdfloh-Kennzahl mit einem Anstieg in allen 6 Regionen. Auch für andere Erreger-Kennzahlen ist ein zunehmendes Risiko zu erwarten (beide Stängelrüssler, Kohlschotenrüssler, Kohlschotenmücke). Für die Phoma-Kennzahl wurde einheitlich in allen sechs Regionen keinerlei Trend ermittelt. Für keine der sechs Kennzahlen wurde ein abnehmendes Risiko hergeleitet.

## 4.5 Mais

### 4.5.1 Maiszünsler

Das proPlant expert-Prognosemodell für den Maiszünsler befindet sich im Gegensatz zu den meisten anderen verwendeten Prognosemodellen noch in der Entwicklung. Dessen Ergebnisse wurden aber bereits mit Monitoringdaten aus dem gesamten Bundesgebiet validiert. Die Markteinführung ist für das Jahr 2011 geplant.

<b>Bedeutung</b>	Hauptbefallsgebiet des Maiszünslers ( <i>Ostrinia nubilalis</i> ) in NRW ist das Rheinland, von der Voreifel bis an den südlichen Rand des Niederrheins. Seit 2009 breitet sich der Maiszünsler auch in Westfalen weiter aus. Mittlerweile sind besonders im südöstlichen Münsterland (Landkreis Warendorf) und in den Übergangslagen Ostwestfalens (Landkreis Höxter) fast alle Maisflächen betroffen. Regionen mit hohem Maisanteil in der Fruchtfolge sind besonders gefährdet. Insektizideinsätze sind bislang in NRW die Ausnahmen.
------------------	--

<b>Witterungsansprüche und untersuchter Zeitraum</b>	Höhere Temperaturen begünstigen den Maiszünsler, weil sie Entwicklungsschritte verkürzen (z.B. Zuflug, Eiablage, Larvenschlupf).  Der 1,5-Monats-Zeitraum 15. Juni bis 31. Juli wurde für die Analyse ausgewählt, weil sich insbesondere in diesem Zeitraum Befallsjahre und Nicht-Befallsjahre witterungsbedingt unterscheiden. In diesem Zeitraum können die verschiedenen Entwicklungsphasen von der Migration über die Eiablage bis hin zur Larvenentwicklung (inkl. ggf. 2. Generation) ablaufen.
--	--

<b>Trend des Befallsrisikos im Prognosezeitraum 2001-2050</b>	In den drei Regionen Ostwestfalen, Köln-Aachener Bucht und Münsterland ist eine gewisse Zunahme des Befallsrisikos zu erwarten. In den anderen drei Regionen ergibt sich kein Trend.  Die Rangfolge der Boden-Klima-Räume untereinander hinsichtlich ihrer Maiszünsler-Gefährdung bleibt erhalten (also Köln-Aachener-Bucht mit höherem Risiko als Sauerland).
---	--

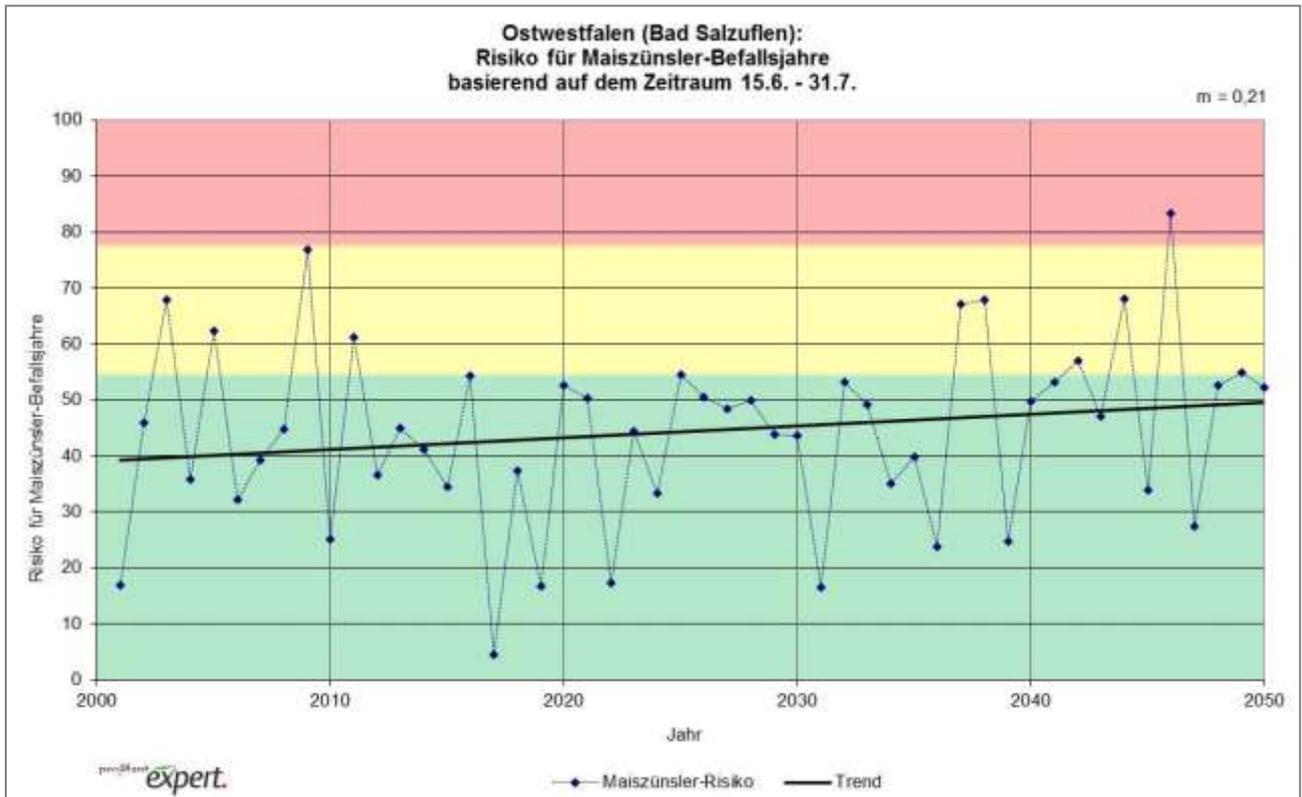


Abbildung 117

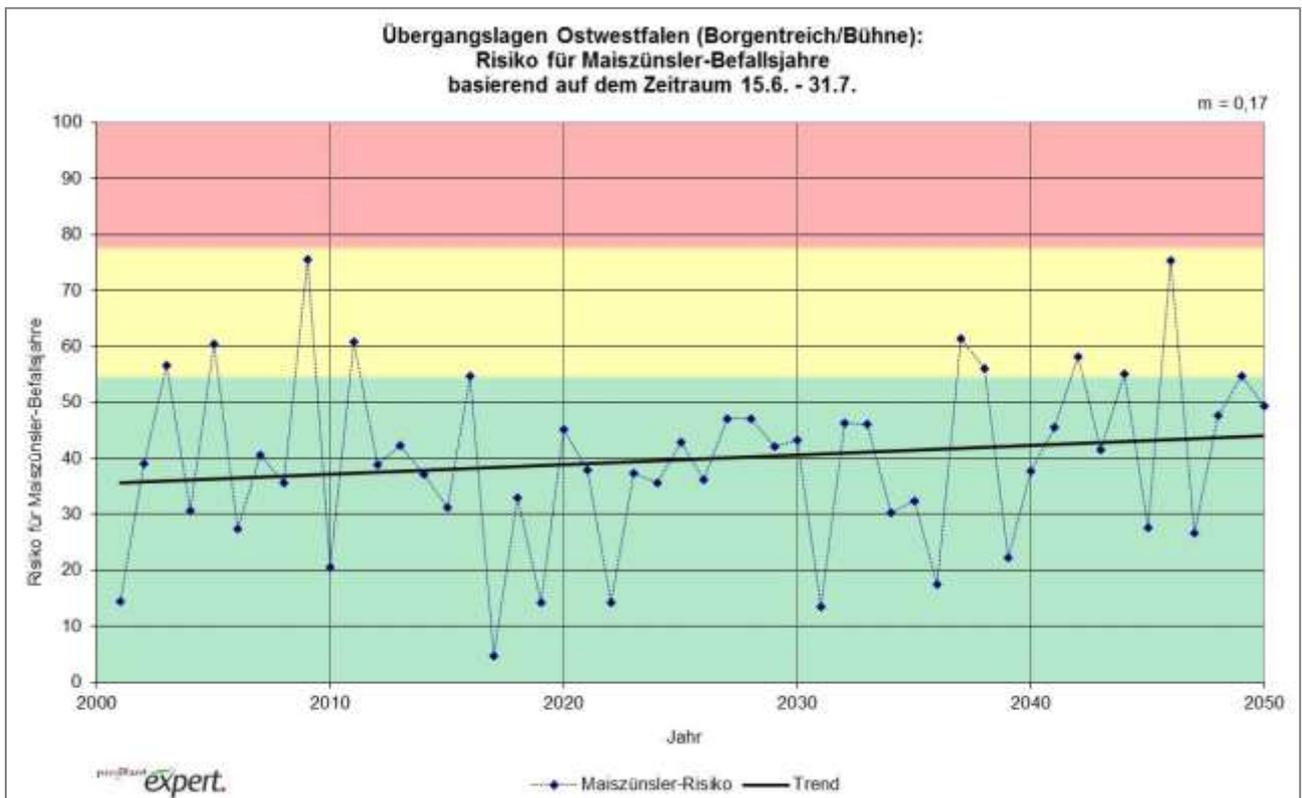


Abbildung 118

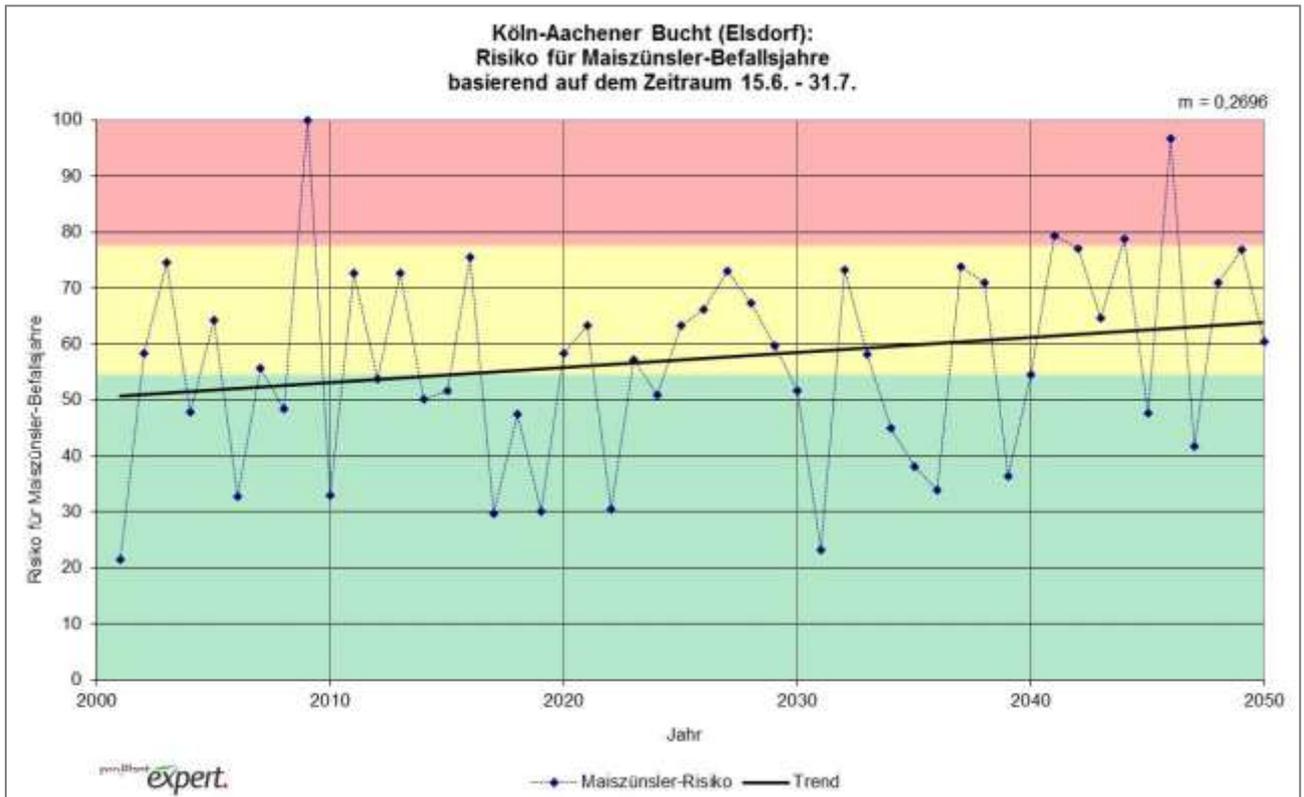


Abbildung 119

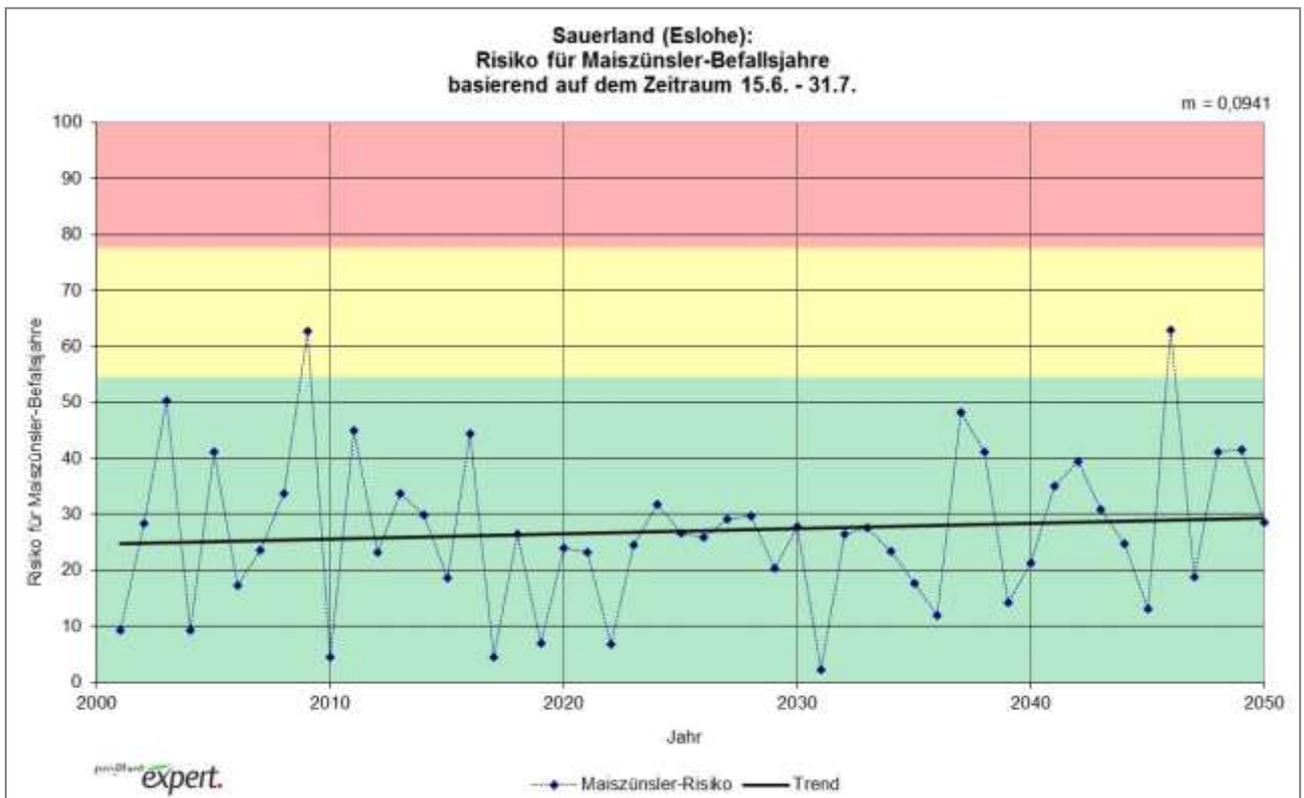


Abbildung 120

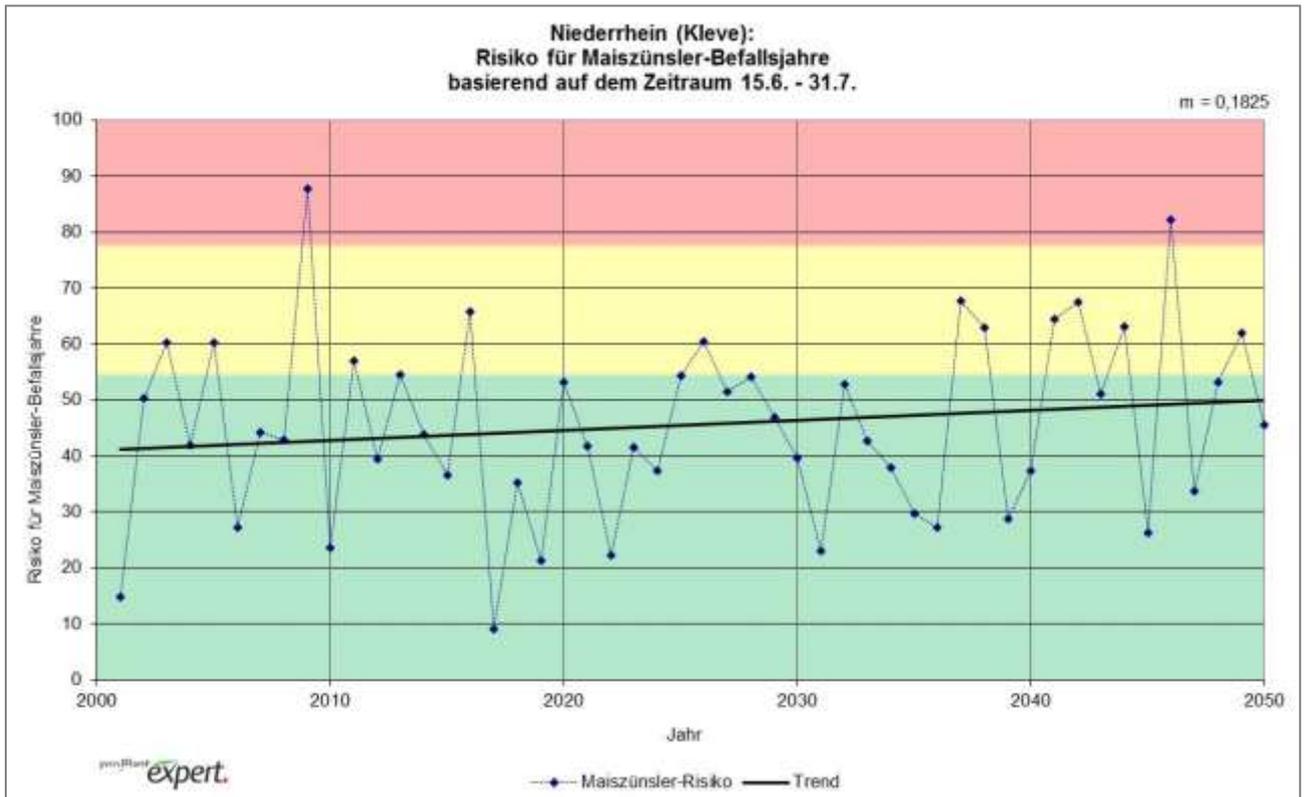


Abbildung 121

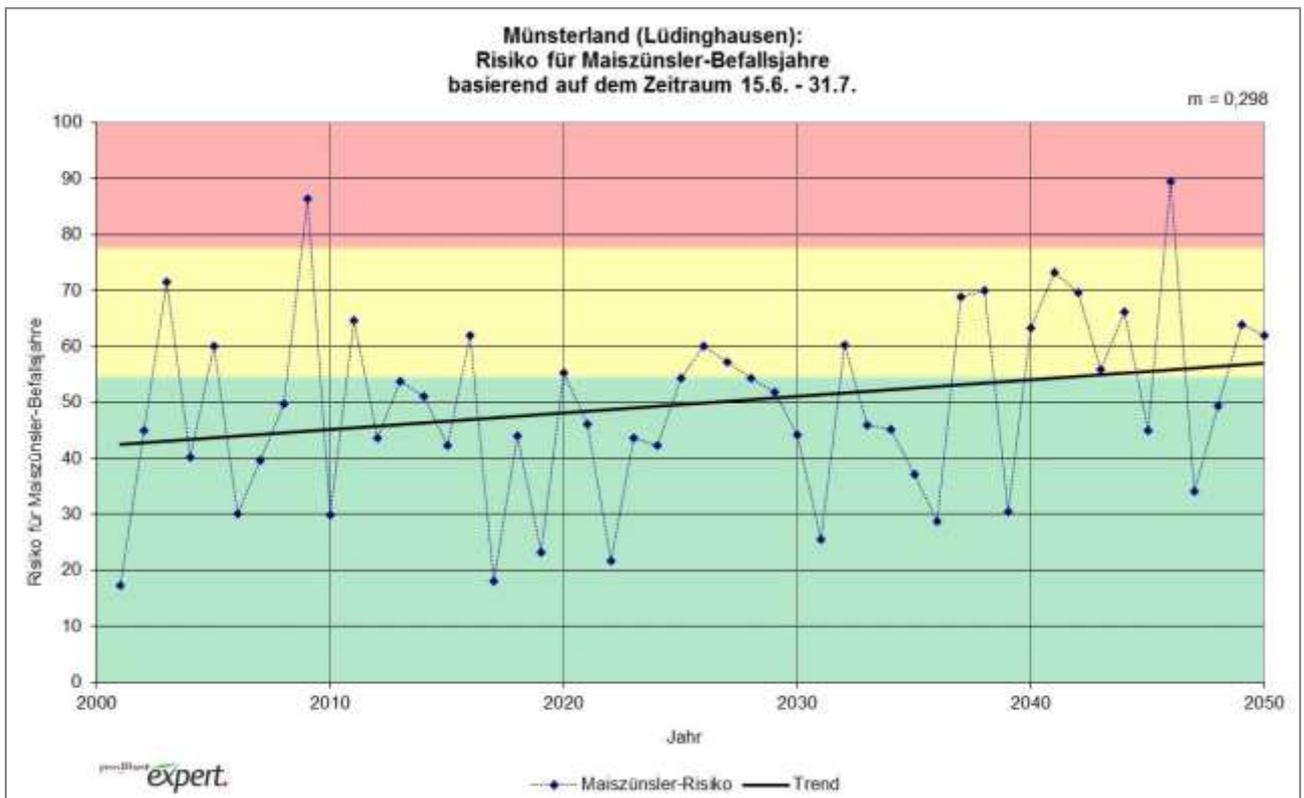


Abbildung 122

## 5 Diskussion

### 5.1 Mögliche Auswirkungen auf den Pflanzenschutzmittel-Einsatz

Die Witterung ist nicht allein ausschlaggebend für den Befall. Eine Vielzahl anderer Faktoren wie Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Sortenanfälligkeit, Saattermin und Düngung haben ebenfalls großen Einfluss. Im Gegensatz zum Wetter kann der Landwirt diese Faktoren jedoch steuern und damit einen nicht unwesentlichen Teil des witterungsbedingten Krankheitsrisikos reduzieren. Mögliche Anpassungen an den Klimawandel durch Anbaustrategien, den züchterischen und technischen Fortschritt wurden im Rahmen dieser Studie nicht diskutiert.

Die nachfolgenden Aspekte werden auch den kulturspezifischen Behandlungsindex betreffen, wobei dieser von weiteren Faktoren abhängig ist (z.B. Verhältnis zugelassene Höchstaufwandmengen zu praxisüblichen Aufwandmengen, Bedeutung von Teilflächenbehandlungen, Bedeutung der Kultur in der Region).

#### 5.1.1 Winterweizen

Da für keine der acht Erreger-Kennzahlen ein abnehmendes Risiko erwartet wird, wohl aber für einige von ihnen eine zum Teil starke Zunahme, ist eine häufigere Anwendung von Fungiziden zu erwarten. Dies betrifft weniger die Standorte mit üblicher 3-fach-Anwendung, sondern auf denen bislang eine 1-fach- oder 2-fach-Anwendung erfolgte.

Fungizidanwendungen könnten sich in Zukunft häufiger gleichzeitig gegen mehrere Pilzkrankheiten richten (z.B. bereits in EC 31-32 auch schon gegen Braunrost oder Gelbrost).

Fungizidanwendungen in bislang unüblichen Zeiträumen (z.B. im Herbst) erscheinen nicht notwendig.

Beim Vergleich mit den Erfahrungswerten in Deutschland bzw. Europa wird NRW nicht vor neuartige Probleme gestellt werden.

#### 5.1.2 Zuckerrüben

Insbesondere in der Köln-Aachener Bucht als Region mit dem derzeitig höchsten Zuckerrübenanteil werden frühe Fungizideinsätze gegen *Cercospora* häufiger und in kritischen Befallsjahren früher als bislang üblich notwendig werden. Da für *Cercospora* der Zeitraum ab dem 1. Juli nicht analysiert wurde, kann keine Aussage über die zukünftige Häufigkeit von Fungizideinsätzen gemacht werden.

Beim Vergleich mit den Erfahrungswerten in Deutschland bzw. Europa wird NRW nicht vor neuartige Probleme gestellt werden.

#### 5.1.3 Kartoffeln

Die Entwicklung der letzten Jahre bis einschließlich 2010, bei der Entscheidung über den Fungizideinsatz gegen Krautfäule zunehmend auch die Wirkung gegen den Erreger *Alternaria* zu berücksichtigen, dürfte sich fortsetzen. Während früher in längeren trockenen Zeiträumen, die für die Krautfäule ungünstig waren, auf einen Fungizideinsatz verzichtet werden konnte, können zukünftig *Alternaria*-Maßnahmen in diesen Zeiträumen notwendig werden.

Beim Vergleich mit den Erfahrungswerten in Deutschland bzw. Europa wird NRW nicht vor neuartige Probleme gestellt werden.

#### 5.1.4 Winterraps

Da für keine der fünf Schädlinge-Kennzahlen ein abnehmendes Risiko erwartet wird, wohl aber für einige von ihnen eine zum Teil starke Zunahme, ist eine häufigere Anwendung von Insektiziden zu erwarten.

Dies betrifft weniger die Standorte mit üblicher 3-fach-Anwendung, sondern auf denen bislang eine 1-fach- oder 2-fach-Anwendung erfolgte.

Insektizidanwendungen zu bislang unüblichen Terminen (z.B. im Januar gegen Stängelrüssler) könnten in einzelnen Jahren notwendig werden.

Rapserrdfloh: Wenn wie prognostiziert eine gegebene Anzahl Käfer im Herbst zukünftig deutlich mehr Eier und Larven produzieren kann als es den bisherigen Erfahrungswerten entspricht, müsste man die derzeitigen Schwellenwerte für die Bekämpfungsentscheidung (Anzahl Käfer) nach unten verändern.

Beim Vergleich mit den Erfahrungswerten in Deutschland bzw. Europa wird NRW nicht vor neuartige Probleme gestellt werden.

#### 5.1.5 Mais

Da für einen Teil der Regionen eine zunehmende Bedeutung dieses Schädlinge erwartet wird, ist für die Zukunft häufigerer ein Insektizideinsatz wahrscheinlich, der zurzeit in der Praxis noch eine sehr geringe Rolle spielt. Von den Regionen mit aktuell überdurchschnittlichem Maisanteil ist das Münsterland betroffen.

Beim Vergleich mit den Erfahrungswerten in Deutschland bzw. Europa wird NRW nicht vor neuartige Probleme gestellt werden.

### 5.2 Vergleich mit vereinfachenden Thesen

Vor Projektbeginn standen zwei stark vereinfachende Thesen im Raum, die nach Projektende bewertet werden:

These 1: „Schädlinge werden an Bedeutung zunehmen, Pilzkrankheiten abnehmen.“

Diese These ist auf Nordrhein-Westfalen bezogen falsch, denn hier ist auch für einen Teil der Pilzkrankheiten eine zunehmende Bedeutung zu erwarten. Diese These wird eher für Regionen innerhalb Deutschlands zutreffen, für die ein Rückgang der Niederschläge prognostiziert wird.

These 2: „Wir werden im Rheinland das Klima und die Pflanzenschutzprobleme wie heute in Süddeutschland bzw. Südfrankreich bekommen.“

Diese These ist ebenfalls falsch. Denn beispielsweise liegen die Wintertemperaturen bereits heute in Süddeutschland unter denen im Rheinland, und aufgrund der steigenden Wintertemperaturen wird dieser Unterschied noch größer werden.

### 5.3 Auswahl der Untersuchungszeiträume

Bei den Erreger-Kennzahlen handelt es sich teilweise nicht um die insgesamt für den Erreger interessante Zeitspanne, sondern um einen bewusst ausgewählten, eingeschränkten Zeitraum. In der Regel wurde für diesen eingeschränkten Zeitraum eine Zunahme des Infektions- bzw. Befallsrisikos erwartet. Es fehlen aber beispielsweise folgende Untersuchungszeiträume:

- Septoria tritici: Infektionsbedingungen nach dem 31. März, also im Behandlungszeitraum
- Rapserrdfloh: Phase vor der Eiablage, also die Frage der Zuflugbedingungen
- Phoma: Infektionswetter nach dem 15. Oktober (mildere Wintertemperaturen mit höheren Winterniederschlägen könnten Phoma begünstigen)
- Stängelrüssler: Phase nach dem Zuflug, also die Frage der Eiablagebedingungen

Idealerweise würde die Analyse in einem zweiten Schritt auf den gesamten für einen Erreger interessanten Zeitraum erweitert werden (maximal auf den Zeitraum von der Aussaat bis zur Ernte der Kultur).

### 5.4 grundsätzliche Einschränkungen der Aussagekraft

Im Folgenden werden grundsätzliche Aussagen der MUNLV-Broschüre „Anpassung an den Klimawandel“ (siehe Literatur-Verzeichnis) wiedergegeben bzw. dem konkreten Vorgehen in diesem Projekt gegenübergestellt:

Klimaprojektionen zeigen Entwicklungen auf, die mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind. Es bleibt aber ein gewisses Maß an Unsicherheiten.

Projektionen für die Niederschlagsentwicklung sind mit besonders großen Unsicherheiten behaftet.

Eine Auswertung für ein bestimmtes Jahr ist nicht möglich. Nur die Betrachtung des Trends (hier: Änderung über 50 Jahre) lässt eine Aussage zu.

Es wurden nur die Daten von einem Klimamodell mit einem Emissions- und einem Feuchtigkeitsszenario ausgewertet. Idealerweise würde die Analyse für mehrere unterschiedliche Klimamodelle bzw. unterschiedliche Emissions- und Feuchtigkeitsszenarien eine Aussage über die Bandbreite möglicher Trends für Erreger-Kennzahlen erlauben.

Es wurde für jede Boden-Klima-Region nur eine einzige Station betrachtet. Idealerweise würde der Mittelwert über mehrere Stationen einer Boden-Klima-Region berechnet und interpretiert.

## 6 Literatur

Deutscher Wetterdienst: Klimadaten ausgewählter deutscher Stationen, langjährige Mittelwerte für den Bezugszeitraum 1961-1990 (2010), [www.dwd.de](http://www.dwd.de)

MUNLV – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009): Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen, [www.klimawandel.nrw.de](http://www.klimawandel.nrw.de)

Roßberg, D.; Michel, V.; Graf, R.; Neukampf, R. (2008): Boden-Klima-Räume und Anbauggebiete als Basis des regionalisierten Sortenwesens in Deutschland, Stand: September 2008

Regionaldatenbank des Bundes und der Länder (GENESIS) (2007): Landwirtschaftliche Betriebe mit Ackerland und deren Ackerfläche nach Fruchtarten (Kreise und krfr. Städte), [www.statistikportal.de](http://www.statistikportal.de)

## 7 Anhang

### 7.1 Trend-Übersicht

Tabelle 8: Trend-Übersicht

Kultur	Erreger	Kennzahl	Region	Trend (Steigung (m) der Geraden)	Trend- Klasse
Kartoffel	Alternaria	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Sauerland	0,1322	3
Kartoffel	Alternaria	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Köln-Aachener Bucht	0,0288	3
Kartoffel	Alternaria	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Münsterland	0,2356	2
Kartoffel	Alternaria	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Niederrhein	0,2599	2
Kartoffel	Alternaria	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Ostwestfalen	0,2049	2
Kartoffel	Alternaria	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,2710	2
Kartoffel	Krautfäule	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Sauerland	0,0848	3
Kartoffel	Krautfäule	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Köln-Aachener Bucht	0,0351	3
Kartoffel	Krautfäule	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Münsterland	0,0319	3
Kartoffel	Krautfäule	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Niederrhein	0,0018	3
Kartoffel	Krautfäule	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Ostwestfalen	0,0865	3
Kartoffel	Krautfäule	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.5.-15.8.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,1340	3
Mais	Maiszünsler	Befallsrisiko im Zeit- raum 15.6.-31.7.	Sauerland	0,0941	3
Mais	Maiszünsler	Befallsrisiko im Zeit- raum 15.6.-31.7.	Köln-Aachener Bucht	0,2696	2
Mais	Maiszünsler	Befallsrisiko im Zeit- raum 15.6.-31.7.	Münsterland	0,2980	2
Mais	Maiszünsler	Befallsrisiko im Zeit- raum 15.6.-31.7.	Niederrhein	0,1825	3
Mais	Maiszünsler	Befallsrisiko im Zeit- raum 15.6.-31.7.	Ostwestfalen	0,2100	2
Mais	Maiszünsler	Befallsrisiko im Zeit- raum 15.6.-31.7.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,1700	3

Kultur	Erreger	Kennzahl	Region	Trend (Steigung (m) der Geraden)	Trend- Klasse
Raps	Kohlschoten- mücke	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Sauerland	0,1898	3
Raps	Kohlschoten- mücke	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Köln-Aachener Bucht	0,2495	2
Raps	Kohlschoten- mücke	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Münsterland	0,6091	1
Raps	Kohlschoten- mücke	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Niederrhein	0,1827	3
Raps	Kohlschoten- mücke	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Ostwestfalen	0,3854	1
Raps	Kohlschoten- mücke	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,3219	1
Raps	Kohlschoten- rüssler	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Sauerland	0,1088	3
Raps	Kohlschoten- rüssler	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Köln-Aachener Bucht	0,2300	2
Raps	Kohlschoten- rüssler	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Münsterland	0,2659	2
Raps	Kohlschoten- rüssler	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Niederrhein	0,3918	1
Raps	Kohlschoten- rüssler	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Ostwestfalen	0,3397	1
Raps	Kohlschoten- rüssler	Zuflugrisiko im Zeit- raum 20.4.-5.5.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,2683	2
Raps	Phoma	Infektionsrisiko im Zeitraum 20.8.-15.10.	Sauerland	-0,0336	3
Raps	Phoma	Infektionsrisiko im Zeitraum 20.8.-15.10.	Köln-Aachener Bucht	-0,1470	3
Raps	Phoma	Infektionsrisiko im Zeitraum 20.8.-15.10.	Münsterland	-0,0039	3
Raps	Phoma	Infektionsrisiko im Zeitraum 20.8.-15.10.	Niederrhein	0,0784	3
Raps	Phoma	Infektionsrisiko im Zeitraum 20.8.-15.10.	Ostwestfalen	0,1413	3
Raps	Phoma	Infektionsrisiko im Zeitraum 20.8.-15.10.	Übergangslagen Ostwestfalen	-0,0197	3
Raps	Rapserrdflö	Eiablagerrisiko im Zeit- raum 1.10.-30.11.	Sauerland	0,4768	1
Raps	Rapserrdflö	Eiablagerrisiko im Zeit- raum 1.10.-30.11.	Köln-Aachener Bucht	0,5668	1
Raps	Rapserrdflö	Eiablagerrisiko im Zeit- raum 1.10.-30.11.	Münsterland	0,5391	1
Raps	Rapserrdflö	Eiablagerrisiko im Zeit- raum 1.10.-30.11.	Niederrhein	0,5670	1

Kultur	Erreger	Kennzahl	Region	Trend (Steigung (m) der Geraden)	Trend- Klasse
Raps	Rapserdflorh	Eiablagerisiko im Zeitraum 1.10.-30.11.	Ostwestfalen	0,4924	1
Raps	Rapserdflorh	Eiablagerisiko im Zeitraum 1.10.-30.11.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,4638	1
Raps	Rapsglanzkäfer	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.2.-15.4.	Sauerland	0,0696	3
Raps	Rapsglanzkäfer	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.2.-15.4.	Köln-Aachener Bucht	0,2137	2
Raps	Rapsglanzkäfer	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.2.-15.4.	Münsterland	0,1401	3
Raps	Rapsglanzkäfer	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.2.-15.4.	Niederrhein	0,1016	3
Raps	Rapsglanzkäfer	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.2.-15.4.	Ostwestfalen	0,0815	3
Raps	Rapsglanzkäfer	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.2.-15.4.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,1379	3
Raps	Rüssler	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.1.-28.2.	Sauerland	0,1192	3
Raps	Rüssler	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.1.-28.2.	Köln-Aachener Bucht	0,6247	1
Raps	Rüssler	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.1.-28.2.	Münsterland	0,3092	1
Raps	Rüssler	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.1.-28.2.	Niederrhein	0,1709	3
Raps	Rüssler	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.1.-28.2.	Ostwestfalen	0,2151	2
Raps	Rüssler	Zuflugrisiko im Zeitraum 1.1.-28.2.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,1764	3
Weizen	Braunrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Sauerland	0,2433	2
Weizen	Braunrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Köln-Aachener Bucht	0,3227	1
Weizen	Braunrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Münsterland	0,4865	1
Weizen	Braunrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Niederrhein	0,3714	1
Weizen	Braunrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Ostwestfalen	0,2657	2
Weizen	Braunrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,2173	2
Weizen	DTR	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.3.-15.6.	Sauerland	0,0191	3
Weizen	DTR	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.3.-15.6.	Köln-Aachener Bucht	-0,0298	3

Kultur	Erreger	Kennzahl	Region	Trend (Steigung (m) der Geraden)	Trend- Klasse
Weizen	DTR	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.3.-15.6.	Münsterland	-0,1834	3
Weizen	DTR	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.3.-15.6.	Niederrhein	0,1343	3
Weizen	DTR	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.3.-15.6.	Ostwestfalen	-0,1357	3
Weizen	DTR	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.3.-15.6.	Übergangslagen Ostwestfalen	-0,1294	3
Weizen	Fusarium graminearum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.-15.6.	Sauerland	0,3271	1
Weizen	Fusarium graminearum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.-15.6.	Köln-Aachener Bucht	0,3398	1
Weizen	Fusarium graminearum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.-15.6.	Münsterland	0,0325	3
Weizen	Fusarium graminearum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.-15.6.	Niederrhein	0,3748	1
Weizen	Fusarium graminearum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.-15.6.	Ostwestfalen	0,1130	3
Weizen	Fusarium graminearum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.-15.6.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,2599	2
Weizen	Gelbrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Sauerland	0,2272	2
Weizen	Gelbrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Köln-Aachener Bucht	0,1838	3
Weizen	Gelbrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Münsterland	0,4025	1
Weizen	Gelbrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Niederrhein	0,2765	2
Weizen	Gelbrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Ostwestfalen	0,3082	1
Weizen	Gelbrost	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,1530	3
Weizen	Halmbrech	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-30.4.	Sauerland	0,1359	3
Weizen	Halmbrech	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-30.4.	Köln-Aachener Bucht	-0,0134	3
Weizen	Halmbrech	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-30.4.	Münsterland	0,0075	3
Weizen	Halmbrech	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-30.4.	Niederrhein	0,0202	3
Weizen	Halmbrech	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-30.4.	Ostwestfalen	0,0809	3
Weizen	Halmbrech	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-30.4.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,0446	3

Kultur	Erreger	Kennzahl	Region	Trend (Steigung (m) der Geraden)	Trend- Klasse
Weizen	Mehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Sauerland	0,2243	2
Weizen	Mehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Köln-Aachener Bucht	0,4218	1
Weizen	Mehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Münsterland	0,2842	2
Weizen	Mehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Niederrhein	0,3266	1
Weizen	Mehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Ostwestfalen	0,2258	2
Weizen	Mehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.11.-31.3.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,1265	3
Weizen	Septoria nodorum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-15.5.	Sauerland	0,0598	3
Weizen	Septoria nodorum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-15.5.	Köln-Aachener Bucht	0,0341	3
Weizen	Septoria nodorum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-15.5.	Münsterland	-0,0172	3
Weizen	Septoria nodorum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-15.5.	Niederrhein	0,0255	3
Weizen	Septoria nodorum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-15.5.	Ostwestfalen	0,3502	1
Weizen	Septoria nodorum	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-15.5.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,3812	1
Weizen	Septoria tritici	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.1.-31.3.	Sauerland	0,7829	1
Weizen	Septoria tritici	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.1.-31.3.	Köln-Aachener Bucht	0,4567	1
Weizen	Septoria tritici	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.1.-31.3.	Münsterland	0,7808	1
Weizen	Septoria tritici	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.1.-31.3.	Niederrhein	0,5249	1
Weizen	Septoria tritici	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.1.-31.3.	Ostwestfalen	0,6575	1
Weizen	Septoria tritici	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.1.-31.3.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,5141	1
Zuckerrübe	Cercospora	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-30.6.	Sauerland	0,1166	3
Zuckerrübe	Cercospora	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-30.6.	Köln-Aachener Bucht	0,3283	1
Zuckerrübe	Cercospora	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-30.6.	Münsterland	0,0908	3
Zuckerrübe	Cercospora	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-30.6.	Niederrhein	0,1795	3

Kultur	Erreger	Kennzahl	Region	Trend (Steigung (m) der Geraden)	Trend- Klasse
Zuckerrübe	Cercospora	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-30.6.	Ostwestfalen	0,0368	3
Zuckerrübe	Cercospora	Infektionsrisiko im Zeitraum 1.4.-30.6.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,0894	3
Zuckerrübe	Rübenmehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.8.-15.9.	Sauerland	0,2266	2
Zuckerrübe	Rübenmehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.8.-15.9.	Köln-Aachener Bucht	0,2871	2
Zuckerrübe	Rübenmehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.8.-15.9.	Münsterland	0,2146	2
Zuckerrübe	Rübenmehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.8.-15.9.	Niederrhein	0,3468	1
Zuckerrübe	Rübenmehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.8.-15.9.	Ostwestfalen	0,2155	2
Zuckerrübe	Rübenmehltau	Infektionsrisiko im Zeitraum 15.8.-15.9.	Übergangslagen Ostwestfalen	0,1027	3

## 7.2 Ersetzungsalgorithmus fehlende Wetterparameter

Es wurde im Rahmen der Studie eine Methode entwickelt, um für drei Wetterparameter die komplett fehlenden Daten zu ersetzen. Für die WettReg-Stationen standen neben den Simulationsdaten bis 2050 auch historische Messdaten aus den benachbarten Referenzwetterstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Verfügung (Tabelle 4, Seite 13).

Die Ersetzung der Datenlücken erfolgt durch die Suche ähnlicher Wetterkonstellationen in den historischen Daten der zugehörigen Referenzstation und die Übertragung der abzuleitenden Parameter auf den Simulationsdatensatz. Für die Suche ähnlicher Wetterkonstellationen wurden folgende Bedingungen definiert:

- Die Werte für andere vorhandene Parameter müssen vergleichbar sein am selben Tag und angrenzenden Tagen  
(Ausschlussbedingungen für mehrere Parameter müssen erfüllt sein, z.B. maximale Abweichung des Temperaturminimums 2 m am selben Tag  $-2^{\circ}\text{C} < x < +2^{\circ}\text{C}$ )
- Station aus derselben Projektregion
- Jahreszeitraum vergleichbar ( $-40$  Tage  $< x < +40$  Tage)
- Messdaten mindestens ab 1.8.2000 vorhanden
- verwendet wird der Tag mit dem geringsten Abstand  
(= gewichtete Summe der absoluten Abweichungen aller ausgewerteten Parameter)

Die nachfolgende Tabelle zeigt beispielhaft den Ersetzungsalgorithmus für den fehlenden Parameter „Temperaturminimum 5 cm über dem Boden in °C“:

Tabelle 9: Wetterdaten-Ersetzungsalgorithmus am Beispiel Temperaturminimum 5 cm über dem Boden (°C)

Nr.	Wetterparameter	Bedingung	Gewichtung
1	Temperaturminimum 2m selber Tag	2 °C max. Abweichung	3
2	Temperaturmaximum 2m Vortag	3 °C max. Abweichung	2
3	Sonnenscheindauer Vortag	3 h max. Abweichung	2
4	Temperaturminimum 2m Folgetag	3 °C max. Abweichung	1
5	Temperaturdurchschnitt 2m selber Tag		1
6	Temperaturmaximum 2m selber Tag		1
7	Temperaturminimum 2m Vortag		1
8	Temperaturdurchschnitt 2m Folgetag		1

In der Regel gab es mehrere Datensätze in den historischen Daten, welche die Anforderungen des Ersetzungsalgorithmus erfüllten. Wenn für einen Tag kein einziger Datensatz in den historischen Daten gefunden wurde, wurden die Anforderungen sukzessive reduziert.

Für den Parameter „Temperaturminimum 5 cm über dem Boden in °C“ lag für einen Testfall die Abweichung durch den Ersetzungsalgorithmus bei durchschnittlich 1,6 °C, was akzeptabel erscheint, wenn man die Art und Weise der Auswertung dieses Parameters innerhalb von proPlant expert kennt.

Für den Parameter „Luftfeuchte 14h in 2m in %“ wurde in ähnlicher Weise verfahren. Für die Ableitung dieses Luftfeuchte-Wertes wurden vom DWD zusätzlich die Werte für den Parameter „Luftfeuchte Tagesdurchschnitt in %“ für die 6 Wetterstationen und den historischen Zeitraum ab 1.8.2000 bezogen. Denn dieser Parameter war in den WettReg-Daten enthalten und verbesserte somit wie erwartet die Güte der Ersetzung. Für diesen Parameter lag für einen Testfall die Abweichung durch den Ersetzungsalgorithmus bei durchschnittlich 7,2 %, was akzeptabel erscheint, wenn man die Art und Weise der Auswertung dieses Parameters innerhalb von proPlant expert.classic kennt.

Für den Parameter „Zahl der Stunden mit Niederschlag > 0,1 mm“ wurde ein vereinfachter Ersetzungsalgorithmus verwendet, der der geringen Bedeutung dieses Parameters für proPlant expert entspricht. Dieser Wetterparameter wird nur bei 2 der 20 Erreger ausgewertet und dann auch nur in einem sehr kleinen Teil der Infektionsregeln (z.B. nur an Tagen mit Niederschlag)



proPlant GmbH  
Albrecht-Thaer-Str. 34  
48147 Münster

Tel.: 049-(0)251-9 87 97-0  
Fax: 049-(0)251-9 87 97-99  
E-Mail: [Th.Volk@proPlant.de](mailto:Th.Volk@proPlant.de)